



مقدمة في علم النظم البيئية



الدكتور
محمد محمد الشاذلي



دار الفكر العربي

سلسلة الفكر العربي
لمراجع العلوم الأساسية
- ٣٢ -

مقدمة في علم الأنظمة البيئية

تأليف

أ.د. محمد محمد الشاذلي

أستاذ علم البيئة - كلية العلوم - جامعة القاهرة

مراجعة وتقديم

أ.د. محمد عبد الفتاح القصاص

أستاذ العلوم البيئية - جامعة القاهرة

الطبعة الأولى

١٤٢٨ هـ / ٢٠٠٧ م

ملتزم الطبع والنشر

دار الفكر العربي

٩٤ شارع عباس العقاد - مدينة نصر - القاهرة

ت: ٢٢٧٥٢٩٨٤ - فاكس: ٢٢٧٥٢٧٣٥

١٦ شارع جواد حسني - ت: ٢٣٩٣٠١٦٧

www.darelfikrelarabi.com

INFO@darelfikrelarabi.com

٥٧٤, ٥	محمد محمد الشاذلي.
٢ ح م ق	مقدمة في علم الأنظمة البيئية/ تأليف محمد محمد الشاذلي؛ مراجعة وتقديم محمد عبد الفتاح القصاص. - القاهرة: دار الفكر العربي، ١٤٢٨ هـ = ٢٠٠٧ م. ٣٦٧ ص: إيض؛ ٢٤ سم. - (سلسلة الفكر العربي لمراجع العلوم الأساسية؛ ٣٢) يشتمل على بيلوجرافيات. يشتمل على فهرس بالمصطلحات الواردة بالكتاب. تدمك: ٩ - ٢٣٠٣ - ١٠ - ٩٧٧. ١ - البيئة، علم. ٢ - الأنظمة البيئية. ٣ - البيئة والإنسان. ٤ - التنمية المستدامة والبيئة. ٥ - صحة النظام البيئي. ٦ - المجتمعات العمرانية والصناعية وعلم البيئة. أ - محمد عبد الفتاح القصاص، مراجع. ب - العنوان. ج - السلسلة.

التصميم والإخراج الفني

هنا، عصام

رقم الإيداع: ١٤٧٠٩ / ٢٠٠٧

تنفيذ وطباعة الكتاب: مطبعة البردي بالعاشر من رمضان

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقديم السلسلة

الحمد لله رب العالمين . . خلق الإنسان، علّمه البيان،
والصلاة والسلام على أشرف المرسلين، سيدنا محمد النبي الأمي العربي الصادق
الأمين، وعلى آله وصحبه والتابعين بإحسان إلى يوم الدين.
أما بعد،

فإن اللغة - أي لغة - هي وسيلة التواصل الفكرى بين أبناء الأمة الواحدة، وهي
فى الوقت نفسه تمثل حاجة ملحة، وضرورة لا غنى عنها لكل أمة تشرع فى النهوض
من كبوتها وتسعى إلى اللحاق بركب الحضارة، مؤمنة بالدور الأساسى للعلوم الأساسية
والتطبيقية والتقنية فى صنع التقدم والرقى.

هذه الحقيقة التاريخية استوعبها علماء الحضارة العربية الإسلامية عندما ترجموا
معارف السابقين إلى اللغة العربية، واستوعبها أيضا الغربيون عندما ترجموا علوم
الحضارة العربية الإسلامية فى أوائل عصر النهضة الأوروبية الحديثة، وتعيها اليوم كل
الأمم التى تدرس العلوم بلغاتها الوطنية، فى سعى حثيث نحو المشاركة الفعالة فى إنتاج
المعرفة وتشيد صرح الحضارة المعاصرة.

ولقد أضحى أمر تعريب العلم والتعليم ضرورة من ضرورات النهضة العلمية
والتقنية التى تنشدها أمتنا العربية الإسلامية لكى تستأنف مسيرتها الحضارية بلغة القرآن
الكريم الذى حفظها قوية حية فى النفوس على الرغم من الوهن الذى أصاب أهلها،
وما ذلك إلا لأن الله - سبحانه وتعالى - قد خصّها بصفات تميزها على غيرها، وكفلها
بحفظه حين تكفل بحفظ قرآنه العظيم.

والحديث عن هذه الضرورة الحضارية لتعريب العلم والتعليم قد تجاوز الآن مرحلة
الإقناع بالأدلة والبراهين المستقاة من حقائق التاريخ ومعطيات الواقع المعاش، وعليه أن
ينتقل إلى مرحلة التخطيط والتنفيذ، وفق أسس وضمانات منهجية مدروسة، وعن طريق
آليات ومؤسسات قادرة على إكمال المشروع الحضارى الكبير؛ ذلك أن اجتياز حالة
التخلف العلمى والتقنى التى تعيشها الأمة العربية والإسلامية يجب أن يصبح هدفا
عزيفا تُستحث لأجله الهمم، وتستثار العزائم.

ودار الفكر العربى - من جانبها - قد استشعرت خطورة تأخير هذا المشروع الحضارى الكبير، فسعت جاهدة إلى تحقيق الهدف النبيل، وشرعت فى إعداد «سلسلة مراجع العلوم الأساسية» فى مجالات الكيمياء والفيزياء والرياضيات والفلك والجيولوجيا وعلوم الحياة، بحيث تخاطب قارئ العلوم فى مراحل العمر المختلفة بصورة عامة، وطلاب المرحلتين الثانوية والجامعية على وجه الخصوص، فى ضوء الأهداف الآتية:

* ربط المادة العلمية بما يدرسه الطلاب فى مناهجهم الدراسية، وعرضها على نحو يوافق التصور الإسلامى للمعرفة، ويحقق أهداف وغايات التربية الإسلامية الرشيدة.

* إثراء الثقافة العلمية لدى الطلاب والارتقاء بذوقهم العلمى مع تنمية الجانب التجريبي والتطبيقي لتعويدهم حسن الاستفادة من كل ملكات الفكر والعمل التى وهبها الله - سبحانه وتعالى - للإنسان.

* إبراز الدور الرائد الذى قام به علماء الحضارة العربية الإسلامية - قديما وحديثا - فى دفع مسيرة التقدم العلمى.

* تتبع نمو المفاهيم العلمية وصولا إلى أحدث الكشوف والمخترعات، وذلك بهدف غرس منهجية التفكير العلمى لدى الطلاب، وتوسيع مداركهم إلى أبعد من حدود الموضوعات الدراسية المقررة عليهم.

* الالتزام بما أقرته مجامع اللغة العربية من مصطلحات علمية، ويفضل أكثرها شيوعا مع ذكر المقابل الأجنبى.

وقد عهدت **دار الفكر العربى** بالمسئولية العلمية إلى هيئة استشارية تتولى التخطيط لإصدارات هذه السلسلة، واستكتاب أهل الخبرة والاختصاص من علماء الأمة ومفكرىها، ومناقشة الأعمال المقدمة قبل صدورها.

﴿رَبَّنَا لَا تُزِغْ قُلُوبَنَا بَعْدَ إِذْ هَدَيْتَنَا وَهَبْ لَنَا مِنْ لَدُنْكَ رَحْمَةً إِنَّكَ أَنْتَ الْوَهَّابُ﴾ [آل عمران].

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين

أحمد فؤاد باشا

اللجنة الاستشارية لسلسلة الفكر العربى

لمراجع العلوم الأساسية

أ.د أحمد فؤاد باشا استاذ الفيزياء ونائب رئيس جامعة القاهرة وعضو رئيس اللجنة
المجمع العلمى المصرى.

أ.د محمد عبد الفتاح القصاص استاذ علم النبات . بعلوم القاهرة، وخبير البيئة
العالمى وعضو المجمع العلمى المصرى.

أ.د عبد الحافظ حلمى محمد عميد علوم عين شمس الأسبق،
واستاذ البيولوجيا وعضو مجمع اللغة العربية.

أ.د على على المرسى استاذ علم الحشرات . جامعة القاهرة. عضو المجمع
العلمى المصرى.

أ.د محمد أمين سليمان استاذ قسم الفيزياء . علوم القاهرة.

أ.د عبد الشافى فهمى عبادة استاذ ورئيس قسم الرياضيات . علوم الأزهر.

أ.د شريف أحمد خيرى استاذ قسم الفيزياء . علوم القاهرة.

أ.د. على على حبيش استاذ الكيمياء ورئيس اكاديمية البحث العلمى
والتكنولوجيا سابقا والحائز لجائزة مبارك

أ.د. حافظ شمس الدين استاذ الجيولوجيا - جامعة عين شمس - عضو
المجمع العلمى المصرى وخبير مجمع اللغة العربية

أ.د. محمد عبد العظيم سعود استاذ الجبر - جامعة عين شمس

محمد نبيل يس البكرى استاذ الفيزياء ووكيل كلية علوم القيوم - جامعة
القاهرة

مدير التحرير:

الكيميائى، أمين محمد الخضرى المهندس، عاطف محمد الخضرى

سكرتير اللجنة الأستاذ، عبد الحليم إبراهيم

جميع المراسلات والاتصالات على العنوان التالى :

دار الفكر العربى

سلسلة الفكر العربى لمراجع العلوم الأساسية

٩٤ شارع عباس العقاد . مدينة نصر . القاهرة

ت: ٢٧٥٢٩٨٤ . فاكس: ٢٧٥٢٧٣٥

www.darelfikrelarabi.com

INFO@darelfikrelarabi.com

شكر وتقدير

لقد تطلب إصدار هذا المرجع مشاركة العديد من العلماء والفنيين بجهودهم وخبراتهم لاستكمال جميع الجوانب العلمية والفنية والمراجعة اللغوية.

يتشرف المؤلف بتقديم الشكر «لدار الفكر العربي» كأحد كبريات مؤسسات النشر التي تقدم الدعم المادى والفنى اللازم لإصدار المراجع العلمية باللغة العربية والتي تبنت نشر هذا الكتاب.

يقدم المؤلف خالص الشكر للسيد مصطفى عمران الذى قام بالمراجعة اللغوية للكتاب.

إن من يتصفح هذا الكتاب سوف يلاحظ مدى الجهد الذى تطلبه إخراج الأشكال التوضيحية لهذا الكتاب، فالبرغم من صعوبة العديد من الأشكال إلا أن إخراجها كان على الدرجة اللائقة من الوضوح، ومن ثم فإن المؤلف يتوجه بخالص الشكر والتحية لمن قام بالإعداد الفنى لهذا الكتاب وإخراج الأشكال وتحرير الكتاب حتى ظهر على صورته الحالية.

ويقدم المؤلف خالص الشكر إلى اللجنة الاستشارية العلمية التى قامت بتقييم محتوى الكتاب قبل النشر، ونتوجه للجنة بخالص الشكر لما قدمته من توجيهات وانتقادات فى جميع الجوانب مثل تعريب بعض المصطلحات وعرض المادة العلمية حيث أدى العمل على مراعاة تلك التوجيهات والانتقادات إلى الارتقاء بمستوى الكتاب.

المؤلف

يونيو ٢٠٠٧

تقديم

علم البيئة هو دراسة التفاعلات وتبادل التأثير بين الكائن الحي ومجموعة الظروف الفاعلة في الحيز. معادلة ذات طرفين: الكائن والبيئة. لكن تقدم دراسات علم البيئة أظهرت الوحدة بين الكائنات والبيئة في إطار «النظام البيئي». هذا الكتاب يعرض هذا الإطار المتكامل الذي يعين على إحاطة وافية بعلاقات الكائنات الحية التي تعيش في حيز مكاني، العلاقات مع بعضها البعض، والعلاقات مع القوى الفاعلة في الحيز. هذا الكتاب يقدم للمكتبة العربية دراسة فيها نقلة إلى الأمام في مجال علم البيئة.

فكرة «النظام البيئي» تبين أن العلاقات بين الكائنات الحية المتعددة والمتنوعة المتعايشة في حيز المكان علاقات منتظمة تحكمها قوانين تقسيم العمل بين المنتجين (النباتات الخضراء القادرة على البناء الأولى - التمثيل الضوئي) والمستهلكين (على درجاتهم (المتوالية) والمفككين (مجموعات من الكائنات الحية أغلبها في التربة). العلاقات بين مجموعات الكائنات الحية وعوامل البيئة في الحيز المكاني علاقات منتظمة تحكمها قوانين توجز في كلمتين: دورات المواد وسريان الطاقة. التفاعلات في إطار هذا «النظام البيئي» تدخل بنا في مجالات التحولات الكيميائية والتفاعلات الفيزيكية وقوانين الديناميكا الحرارية. هذه التحولات تجمع بين الكيمياء والفيزياء وعلوم الأحياء. أقبل المؤلف على هذا العمل الواسع بعزم وقدرة وصبر، وبها أضاف إلى المكتبة العربية درة تستحق الترحيب والثناء.

أرجو أن يحفز هذا الكتاب الجامعات العربية والمصرية على تطوير دروس علم البيئة - خاصة في كليات العلوم - ليتسع لهذا الإطار الشامل ويعين على فهم العشائر الحية وبيئتها، ويكون في ذلك إضافة نافعة تستكمل دروس بيئة النبات وبيئة الحيوان وبيئة الإنسان. وكذلك أرجو أن يحفز هذا الكتاب على تطوير الدراسات

المتصلة بإدارة المواد الطبيعية المتجددة (الزراعة - الرعى - مصايد الأسماك - الغابات)، لأن هذه الموارد حصيلة تفاعلات تجرى فى نظم بيئية، وفهم هذه النظم والإحاطة بقواعد تفاعلاتها هى الطريق السديدة للإدارة السليمة تحقيقا للتنمية المستدامة للموارد الطبيعية.

القواعد الأساسية لتفاعلات النظم البيئية الطبيعية ترشدنا إلى قواعد موازية تحكم كيانات يصنعها الإنسان (القرية - المدينة - محطات القوى - المراكز الصناعية - إلخ) . الكتاب يفتح الباب لتطبيق قواعد التفاعلات فى النظام البيئى على هذه الكيانات المنشأة، وبذلك يفتح بابا لدراسات فى كليات الهندسة والتخطيط العمرانى تعين على فهم هذه النظم المصنوعة والإحاطة الشاملة بتفاعلاتها، وتمين على وضع نظم لإدارتها إدارة تتسم بالكفاءة والاستدامة.

هذا كتاب يستحق الترحيب. يستحق مؤلفه الشاء على الجهد الشاق الذى بذله لجمع مادة الكتاب وتنسيقها وعرضها عرضا أرجو أن لا يشق على القارئ. ويستحق الناشر الشاء على إتاحة هذا الكتاب للمكتبة العربية.

محمد عبد الفتاح القصاص

سبتمبر ٢٠٠٧



مقدمة



بدأ علم الأنظمة البيئية فى الخمسينيات من القرن الماضى، ويعتبر Odum (*) رائداً لهذا العلم. ولكن الانطلاقة الحقيقية لهذا العلم بدأت بعد تأسيس جمعية علمية فى منتصف الستينيات من القرن الماضى نتيجة لظهور كتابين هامين وهما «الربيع الصامت» لراشيل كارسون عام ١٩٦٢ (***) و«الشبح فى الآلة» لأرثاركوستلر عام ١٩٦٧ (***)، حيث بدأت تتنامى نظريات النظام البيئى.

ومع بداية السبعينيات بدأ العلماء ينظرون إلى الأنظمة البيئية نظرة شمولية، وهذا يعنى أن النظام ككل لا يساوى مجموع مكوناته، بل هو أكبر من مجرد مجموع مكوناته بكثير. فالنظام البيئى نظام بالغ التعقيد ولا يمكن النظر إليه ببساطة على أنه مجموعة من مكونات حية وغير حية. فما هو النظام البيئى؟

لقد حاول العلماء فى خلال العقود الثلاثة الماضية الإجابة على هذا السؤال من خلال آلاف الأبحاث التى تحاول صياغة جزء يسير من حقائق النظام البيئى والتوصل إلى نظريات محددة عن ذلك النظام، ومن ثم فإنه يمكننا القول بأن النظام البيئى يتسم بالخصائص التالية:

* النظام البيئى هو نظام شبكى بالغ التعقيد (يتكون من شبكة هائلة من المكونات والطاقة والمعلومات).

* النظام البيئى له تركيب ووظائف محددة.

* نماذج ونظريات النظام البيئى تخضع لقدر من الشك والريبة نظراً لتعدد مكوناته وتوالى التغيرات المتوقعة وغير المتوقعة عليه.

(*) Odum, E. P. 1953. Fundamentals of Ecology. Saunders, Philadelphia. P.A.

(**) Corson, Rachel. 1962. Silent Spring. New American library. New York.

(***) Kostler, Arthur. 1967. The Ghost in the machine Macmillane, New York.



* النظام البيئي يخضع لقوانين الديناميكا الحرارية.

* يتسم النظام البيئي بخاصية التنظيم الذاتى Self Organization والسبرانية أو الانضباط، فالنظام البيئي نظام سبرانى أو منضبط -Cybernetic system. والتغيرات فى النظام البيئى غير عكسية، فعلى سبيل المثال لا يمكن استعادة نوع منقرض من النظام.

* النظام البيئى فى وضعه الراهن يعبر عن إحدى مراحل التابع البيئى.

* تتسلسل عناصر النظام البيئى (الطاقة، المعلومات، المكونات الحية... إلخ) فى شكل هرمى من حيث التأثير والسيطرة على النظام، فالطاقة والمكونات فى النظام البيئى تخضع إلى تسلسل شبيه بالتسلسل الوظيفى فى المجتمع البشرى؛ فالمكونات أو الماهيات الأعلى فى التأثير تسيطر على المكونات الأدنى... وهكذا تتظم العناصر فى تسلسل بدءاً من اليوم وحتى الخلية، فموضع المجتمع متعدد الأنواع (اليوم) أعلى من وضع النوع، ووضع النوع أعلى فى التسلسل من أهلات النوع، والأهلات أعلى من الفرد، والفرد فى التسلسل أعلى من أعضاء جسمه، والأعضاء فى وضع أعلى من الخلايا... وهكذا يزداد التأثير والسيطرة لمكونات النظام كلما ارتفعنا لأعلى ويقل من أعلى إلى أسفل.

* النظام البيئى نظام طاقة Energetic System. ونظام معلوماتى حيث يمكن تطبيق نظرية المعلومات والاتصالات على العديد من الظواهر فى النظام البيئى مثل التنوع الحيوى والتطور، ومستويات وانسياب الطاقة فى المكونات وغيرها.

وأخيراً، تجدر الإشارة إلى أن بعض العلماء يرى أن علم البيئة وعلم الأنظمة البيئية لا يزال علماً هشاً حيث تخضع نظرياته ونماذجه لقدر من الشك أو الريبة نتيجة كثرة مكونات النظام البيئى وشدة تعقيد التفاعلات بين تلك المكونات.

مواصفات الكتاب: لقد حاولت فى هذا الكتاب، قدر استطاعتي، أن أعطى القارئ فكرة شاملة ومبسطة عن النظريات والفرضيات والآراء التى تحاول



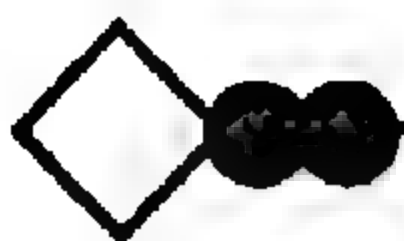
شرح وتحليل النظام البيئي حتى يكون انطلاقا للباحثين والطلاب لدراسة واستيعاب الجديد فى علم الأنظمة البيئية، ومن ثم فقد راعينا وضع قائمة مراجع مختارة بعد كل فصل من الكتاب تشتمل على المراجع المذكورة فى المتن ومراجع إضافية حتى يتسنى للقارئ دراسة أى موضوع بالمزيد من التفصيل. والكتاب مكون من تسعة فصول هى:

الفصل الأول: ويعطى فكرة موجزة عن علم البيئة وعلاقته بالمجتمع، وأنواع التجارب البيئية، ونشأة ونمو علم الأنظمة البيئية.

الفصل الثانى: يتناول هذا الفصل شرحاً موجزاً لطبيعة الكيانات والحدود فى النظام البيئي من وجهة نظر بعض فلاسفة وعلماء النظام البيئي. كما يعطى فكرة موجزة عن نظرية التسلسل الهرمى للزمان والمكان فى النظام البيئي، والمستويات المختلفة فى تفاعلات النظام البيئي.

الفصل الثالث: ويناقش بعض الخصائص الرقمية للأنظمة البيئية لإيضاح مدى تداخل عناصر النظام البيئي، ومن ثم دور النماذج البيئية فى شرح النظام البيئي وظهور مبدأ الشك أو الريبة فى نظريات النظام البيئي، حيث إن مبدأ الشك تم إدخاله فى نظريات النظام البيئي عام ١٩٨٨. ويرى بعض العلماء ضرورة تطبيق مبدأ الشك المعمول به فى ميكانيكا الكم على الأنظمة البيئية ويناقش الفصل وجهة نظر بعض علماء وفلاسفة النظام البيئي التى ترى أن علم البيئة لا يزال يحبو؛ نظرا لعدم القدرة على التنبؤ بالأحداث البيئية بشكل مثالى نتيجة كثرة مكونات النظام البيئي وتداخل عناصره.

الفصل الرابع: يخضع تحول الطاقة والكتلة فى النظام البيئي إلى القوانين الفيزيائية الأساسية، وقد أظهرت النظريات الحديثة للنظام البيئي أن هناك عدة خصائص تميز الأنظمة البيئية طبقاً لمبدأ حفظ الطاقة والمادة، فالوقت يحفظ أو الزمن لا يتعدم طبقاً



للقانون الثانى للديناميكا الحرارية. ويعطى هذا الفصل بعض الأسس التى تمكن القارئ من استيعاب النظريات الحديثة فى فيزيائية النظام البيئى. وراعى، قدر المستطاع، شرح القليل من جوانب الموضوع فى تدرج هين بدءاً من الأساسيات وحتى الوصول لأحدث النظريات التى تؤكد على أن النظام البيئى نظام طاقى Energetic System يخضع لقوانين الديناميكا الحرارية.

الفصل الخامس: ويناقش حركة العناصر فى النظام البيئى وبخاصة الدورات البيوجيوكيميائية مثل: (التروجين - الكربون - المياه)، كما يناقش أسباب ما يسمى بظاهرة الصوبة النباتية أى تأثير مجموعة غازات ثانى أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز والأوزون والكلوروفلوروكربونات على التغيرات المناخية للكرة الأرضية.

الفصل السادس: إن تحديد لفظ وظيفة فى النظام البيئى يمكن أن يحدد دور العمليات البيئية المختلفة، حيث إن مجموعة العمليات تسمى «وظيفة» فالوظائف فى النظام البيئى تتكون من العديد من العلاقات مثل وظائف النظام البيئى فى انسياب الطاقة وحركة المياه والمواد والمعلومات، ومن ثم فإن هذا الفصل يلقي الضوء على بعض الوظائف الأساسية للنظام البيئى من منظور بيئى واجتماعى ومنظور التنمية المستدامة.

الفصل السابع: قدمنا فى هذا الفصل ملخصاً لنمو مفهوم المعلومات ونظرية المعلومات والاتصالات وبعض تطبيقاتها فى النظام البيئى، حيث إن مفهوم لفظ المعلومات فى نظرية المعلومات يختلف عن مفهوم لفظ المعلومات فى الحياة اليومية، وقد ناقشنا أيضاً فى هذا الفصل بعض الخلط فى مفهوم لفظ «الأنثروبى» فى نظرية المعلومات والديناميكا الحرارية، وفى نهاية الفصل أعطينا

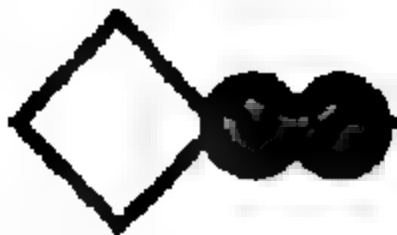


إيضاحاً لفهوم وأهمية ما سميناه بـ«البنية التحتية للمعلوماتية الأحيائية أو المعلوماتية البيولوجية» منوهين عن الفرق بين أبحاث المعلوماتية والبنية التحتية للمعلوماتية الأحيائية ومعلوماتية النظام البيئي.

الفصل الثامن: تطبيقات علم البيئة، حيث يناقش الفصل تطبيقات النماذج البيئية في مجال السكان، ومفهوم صحة النظام البيئي ونمو هذا المفهوم من صحة الكائن الحي إلى صحة النظام البيئي ككل، وأخيراً أعطينا فكرة موجزة عن نهر النيل كنظام بيئي والحالة التي أصبح عليها الآن.

الفصل التاسع: تذهب بعض المدارس العلمية الحديثة إلى وجود نوعين من النظام البيئي، وهما: النظام البيئي الطبيعي، والنظام البيئي المخلق مثل الأنظمة الزراعية أو المدن، ومن ثم فإن الفصل التاسع يناقش علاقة المجتمع البشري بالأنظمة البيئية وما يعرف بالأنظمة التكنولوجية؛ نظر لأن المدن هي أنظمة تناسب إليها ومنها الطاقة والمواد والمعلومات وتؤثر وتتأثر بالأنظمة البيئية الطبيعية المحيطة بها، ونحاول في هذا الفصل إلقاء الضوء على هذا الاتجاه الحديث في الفكر البيئي.

المؤلف





محتويات الكتاب



الموضوع الصفحة

٣	تقديم السلسلة
٥	الهيئة الاستشارية
٧	شكر وتقدير
٩	تقديم
١١	مقدمة
١٧	المحتويات

الفصل الأول

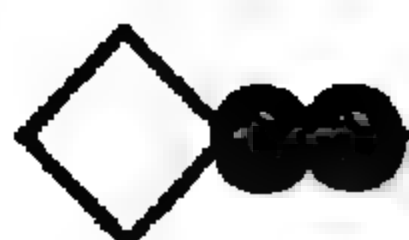
٢٣	علم البيئة وعلم الأنظمة البيئية
٢٥	١ - علم البيئة
٢٦	أ - علم البيئة والمجتمع
٢٩	ب - الطرق العلمية
٣١	ج - فرض عدم التأثير
٣٢	د - التجارب
٣٥	٢ - علم الأنظمة البيئية
٣٥	أ - لماذا نشأ علم الأنظمة البيئية؟
٣٦	ب - استمرارية النظام البيئي
٤٠	- مراجع مختارة

الفصل الثاني

- ٤٣ التركيب والتسلسل في النظام البيئي
- ٤٥ ١- تركيب النظام البيئي :
- ٤٦ أ- طبيعة الكيانات في علم البيئة
- ٤٧ ب - الحدود
- ٤٨ ٢- التسلسل الهرمي في النظام البيئي
- ٤٩ أ- تاريخ نمو مفهوم التسلسل في النظام البيئي
- ٥٠ ب- المعلومات ونظرية التسلسل الهرمي
- ٥١ ج - الهولون
- ٥٢ د - تطبيق نظرية التسلسل الهرمي في علم البيئة
- هـ - التسلسل المكاني (الفراغى) للتركيبات والنسب في الأنظمة البيئية
- ٥٣ و - التسلسل «المكاني - الزماني» للوظائف
- ٥٤ - مراجع مختارة

الفصل الثالث

- ٦٣ المفاهيم الأساسية والرقمية للأنظمة البيئية
- ٦٦ ١- الأنظمة البيئية كأنظمة معقدة
- ٦٨ ٢- دور النماذج البيئية والأدوات الأخرى في نمو نظريات النظام البيئي
- ٧٠ ٣- تطبيق مبدأ الريبة (الشك) في فهم النظام البيئي
- ٧٣ أ- تطبيق مبدأ الشك في ميكانيكا الكم على الأنظمة البيئية
- ٧٦ ب- مفهوم الشك



٧٧	ج- الشك في النماذج البيئية
٨٣	٤- مراجع مختارة
	الفصل الرابع
٩٣	الطاقة في النظام البيئي
٩٥	١- انسياب (سريان) الطاقة
٩٦	أ- المستويات الغذائية وإنتاج الطاقة
٩٧	- المحللات
٩٩	- العواشب آكلات النبات واللواحم (آكلات اللحوم)
٩٩	- القورات
٩٩	٢- السلاسل الغذائية
١٠١	٣- الشباك الغذائية
١٠٣	٤- الأهرام البيئية
١٠٦	٥- انسياب الطاقة في المجتمعات الطبيعية
١٠٨	٦- الإنتاج الابتدائي
١١٨	٧- دور اللاقاريات في انسياب الطاقة
١٢٣	- الحفاظ على اللاقاريات من الانقراض
١٢٤	٨- ديناميكية انسياب الطاقة
١٢٩	٩- الديناميكا الحرارية ونظرية النظام البيئي
١٣٧	١٠- رموز أودام
١٣٩	١١- أسس دراسة حركة الطاقة في النظام البيئي
١٤٢	- مراجع مختارة



الفصل الخامس

- ١٤٧ حركة العناصر في النظام البيئي وتأثر الكرة الأرضية
- ١٤٩ ١- الدورات البيوجيوكيميائية
- ١٤٩ أ- دورة النتروجين
- ١٥٤ ب - دورة الفوسفور
- ١٥٥ ج- دورة الماء
- ١٥٨ - بذل مصادر المياه
- ١٥٨ - الماء الجارى
- ١٦٠ د - دورة الكربون
- ١٦١ هـ - تأثير الصوبة النباتية
- ١٦٤ ٢ - مصادر وعناصر أخرى تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض
- ١٦٦ أ- الميثان
- ١٦٦ ب- أكسيد النيتروز
- ١٦٧ ج- الأوزون
- ١٦٨ د- الكلورفلوروكربونات
- ١٦٩ هـ - تغير المناخ
- ١٧٥ - مراجع مختارة

الفصل السادس

- ١٧٩ وظائف النظام البيئي
- ١٨١ ١- النظام البيئي كيانات وظيفية
- ١٨٢ ٢- الوظائف في تحليل النظام البيئي
- ١٨٢ ٣- الجوانب البيئية



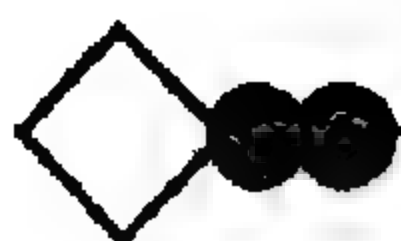
الموضوع	الصفحة
٤- الجوانب الاجتماعية والاقتصادية	١٩٣
٥- التنمية المستدامة ووظائف النظام البيئي	١٩٩
- مراجع مختارة	٢٠١
الفصل السابع	
معلوماتية النظام البيئي	
مقدمة	٢٠٧
١- مفهوم المعلومات والانتروبي في نظرية المعلومات	٢٠٨
٢- المعلومات والأنظمة الأحيائية	٢١٢
٣- التطبيق المباشر لنظرية المعلومات في الأنظمة البيئية	٢١٤
أ- التنوع الأحيائي	٢١٤
ب- التطور	٢١٦
- النظرية الكلاسيكية للتطور	٢١٦
الطفرات الجينية	٢١٧
الطفرات الصبغية	٢١٩
٤- نظرية المعلومات والتنوع الأحيائي	٢٢١
أ- التطور عبارة عن أنتروبي	٢٢١
ب- نظرية المعلومات والوراثة	٢٢٦
٥- أبحاث المعلوماتية والبنية التحتية للمعلومات الأحيائية	٢٢٩
أ- البنية التحتية للمعلومات البيولوجية	٢٢٩
ب- أبحاث المعلوماتية البيولوجية والمعلوماتية البيئية	٢٣٠
ج- تأسيس البنية التحتية للمعلوماتية البيولوجية	٢٣١
- مراجع مختارة	٢٣٣

الفصل الثامن

٢٤٥	النماذج البيئية وصحة النظام البيئي
٢٤٧	١- تطبيقات النماذج البيئية في نمو السكان
٢٥٢	٢- صحة النظام البيئي
٢٥٦	٣- تطبيق النظريات والنماذج البيئية لتقييم صحة النظام البيئي
٢٥٦	أ- نمو مفهوم الصحة من الكائن إلى النظام البيئي
٢٦٢	ب- تشخيص صحة النظام البيئي
٢٦٤	٤- نظام نهر النيل
٢٩١	- المراجع

الفصل التاسع

٢٩٩	الأنظمة البيئية البشرية
٣٠١	١- علم بيئة الإنسان
٣٠٥	٢- مستوى كثافة المتطلبات البشرية على النظام البيئي
٣٠٦	٣- التغذية الاسترجاعية
٣١٣	٤- المجتمعات البشرية والأنظمة التكنولوجية
٣٢٣	٥- بيئة المسطحات
٣٣٠	٦- المسطحات والمجتمعات العمرانية
٣٥١	مراجع مختارة
٣٥٥	فهرس مصطلحات (Index)



الفصل الأول

علم البيئة وعلم الأنظمة البيئية



١- علم البيئة

أ- علم البيئة والمجتمع

ب - الطرق العلمية

ج - فرض عدم التأثير

د - التجارب

٢- علم الأنظمة البيئية

أ - لماذا نشأ علم الأنظمة البيئية؟

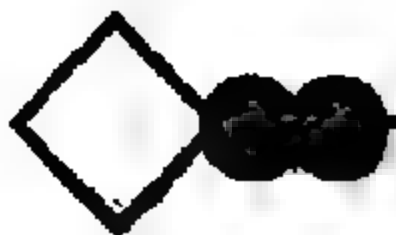
ب - استمرارية النظام البيئي

- مراجع مختارة

١ - علم البيئة Ecology:

وضع العالم إرنست هيكل لفظ علم البيئة "Ecology" عام ١٨٦٦ ولكن وارمنج هو الذى أوجد هذا العلم Stiling, 1996، كما سيأتى لاحقاً. وهذه الكلمة مشتقة من كلمتين يونانيتين هما "Oikos" (بيت) و"Logos" وتعنى (علم أو دراسة). وفى تعريف هيكل، هو علم دراسة العلاقات المتبادلة بين الكائن الحى وبيئته. والكائن الحى قد يكون فرداً (نبات فى إصيص)، أو أهلة (مجموعة أفراد تنتمى إلى نوع واحد (حقل قمح أو خلية نحل)، أو مجموعات من الأهلات تشارك فى حيز بيئى (غابة من النباتات والحيوانات). ثم اتسع المدى ليضم إلى الكائنات المجتمع الإنسانى الذى يصاحبها ويشاركها الاعتماد على موارد البيئة. وتبقى التفرقة بين علم البيئة بمفهوم هيكل (فرع من العلوم الطبيعية)، وعلوم البيئة التى تشمل المجتمع الإنسانى ومن ثم تتداخل مع علوم الاجتماع والاقتصاد والسياسة. (محمد عبد الفتاح القصاص - اتصال شخصى - Personal Communication).

وقد أصبحت كلمة علم البيئة واسعة الانتشار بين الناس نظراً لتزايد معرفة الإنسان بالبيئة واهتمامه بها. ويفسر علم البيئة موضوعات رئيسية متعددة على المستوى العلمى والمستوى الاجتماعى، وعلى سبيل المثال تبذل جماعة الخضر أو حزب الخضر فى ألمانيا جهداً مشكوراً فى حماية البيئة، وتحتوى بلدان العالم على مئات من الجمعيات الحكومية وغير الحكومية التى تهتم بالحفاظ على البيئة، وعلم البيئة من وجهة نظر الكثير من الناس يهتم فقط بمشاكل بيئة الإنسان، والبعض يعتقد أن كلمة بيئة تعنى فقط الحفاظ على الحياة مثل الإبقاء على الأنواع المهددة بالانقراض كالحيتان، أو الحفاظ على الغابات، ولكن علوم البيئة لا تعالج فقط مشاكل التلوث البيئى أو حفظ الأنواع بهذه البساطة، إن علوم البيئة ترتبط بالعديد من العلوم الأخرى، حيث يعطى علم البيئة الهيكل العلمى الذى يمكن أن تبنى عليه برامج حفظ الأنواع من الانقراض والحد من مخاطر الأنشطة الزراعية والصناعية، كما يعطى علم البيئة الأسس التى تمكن من الاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية بدون إحداث أضرار بيئية على المدى وأسس التنمية الشاملة والمستدامة للمصادر.



إن علم البيئة لا يعتمد على دراسة الأنواع النادرة أو الغريبة فقط، حيث إن بعض الحيوانات والنباتات صغيرة الحجم لها أهمية كبرى في توازن الأنظمة البيئية واستمرارها فضلاً عن أهميتها في إجراء التجارب البيئية وصياغة الفروض والنظريات، وعلى سبيل المثال يمكن إجراء التجارب البيئية على النباتات الصغيرة أو الحشرات، ولكن من الصعب إجراء التجارب التي تختبر الفرضيات البيئية على الحيتان الزرقاء أو الأسود - مثلاً - نظراً لقلة أعداد تلك الحيوانات وطول الفترة الزمنية لدورة حياتها.

يشمل المحيط الحيوى Biosphere على ٨,١ طن متري من الأنسجة الحية وإذا ما وزعت المادة الحية بالتساوى على سطح الكرة الأرضية فسوف تكون أقل سمكاً من ١ سم، ولكن الكتلة الحيوية Biomass ليست موزعة بانتظام على سطح الكرة الأرضية ولكنها تبدى تبايناً واضحاً حيث تتراوح بين ٤٥ كجم/م^٢ في الغابات الاستوائية و ٠,٠٣ كجم / م^٢ في المحيطات، ويهتم علم البيئة بشرح هذه البيانات، وي طرح علم البيئة سؤالاً مهماً: لماذا توجد أنواع معينة من الحيوانات والنباتات في بيئة معينة ولا توجد في بيئة أخرى؟ ولماذا تتباين كثافة النوع الواحد في مناطق انتشاره، وهناك محاور رئيسة لعلم البيئة ومن أهمها علم البيئة الوظيفى Functional Ecology الذى يهتم بدراسة الأهلات Populations كما يبحث أيضاً في موضوعات السلوك والتنافس وعلاقات التطفل والافتراس والتنافس بين الكائنات الحية، أما المجال الآخر من علم البيئة فهو علم البيئة التاريخى His-torical Ecology وهذا يعنى دراسة التوزيع العام للكائنات الحية والصفات المشتركة لتلك الكائنات وتأثير حركة بناء القارات والظواهر الفيزيائية الأخرى على تنوع وتوزيع ونشوء وانقراض الكائنات الحية.

أ- علم البيئة والمجتمع Ecology and Society

ذكرنا سابقاً أن لفظ علم البيئة يرجع إلى إرنست هيكل، وفي الحقيقة فإن أكثر المؤلفين بما في ذلك قاموس أوكسفورد Oxford English Dictionary ودائرة المعارف البريطانية Encyclopedia Britannica ينسب صياغة مصطلح «علم البيئة» "Ecology" إلى إرنست هيكل الذى عرف علم البيئة عام ١٨٦٦ على أنه

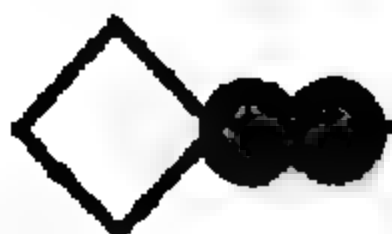


«الدراسة الشاملة للعلاقة بين الكائن الحي والبيئة»، كما نوهنا سابقًا. وبالرغم من أن هذا التعريف لا يزال مقبولا من المجتمع العلمي حتى الآن، إلا أن ستيلنج (Stiling, 1996) استدرك هذا القول الشائع حيث ذكر أن إيجن وارمنج Eugen Warming (١٨٤١-١٩٢٤) هو الذى أوجد علم البيئة نظرا لبحوثه الرائدة فى هذا المجال والتي أجراها فى البرازيل بالإضافة إلى أنه أول من ألف كتابا فى علم الجغرافيا البيئية (Warming, 1895).

ذكر أودام (Odum, 1997) أن علم البيئة الذى استمد جذوره من علم البيولوجى نما فى السنوات الأخيرة حتى أصبح فرعاً متكاملًا من المعرفة يتكامل مع أو يدمج دراسة الكائنات الحية والبيئة الفيزيائية والمجتمع البشرى.

وبعيدا عن تعريف لفظ علم البيئة، فقد أصبح هذا العلم هو الجسر الذى يربط العلم بالمجتمع، حيث ظهرت فى الآونة الأخيرة جمعيات ومؤتمرات ومراجع ودوريات علمية ومهام وظيفية لفروع «بيئة بيئية» على سبيل المثال لا الحصر: علم البيئة الاقتصادى (Bioeconomics). Ecology-Economics. وعلم حفظ الأنواع (Conservation Ecology). Ecology-Wildlife وعلم التنوع البيولوجى (Biodiversity). Ecology-Taxonomy. وعلم البستنة البيئية. (Landscape Ecology). Ecology-Geography. وعلم سمية البيئة (Ecotoxicology). Ecology-Chemistry. وعلم البيئة الزراعى (Agroecology). Ecology-Agriculture. وعلم بيئة الصحراء (Desert Ecology). وعلم بيئة البيئات الرطبة (Wetland Ecology) وأخيرا فإن أحد العلوم البيئية هو ما يعرف بأخلاقيات البيئة (Environmental Ethics). Ecology-Philosophy.

إن علم البيئة ليس مهنة من أخفق فى أن يضيف جديداً إلى تخصصه الأصيل ولكننا سوف نذكر مقولة أودام (Odum, 1997): حيث ذكر أن المشاكل البيئية الحقيقية تقع فى تلك العلوم البيئية البينية، وعلى من يرغب فى التصدى لإحدى المشكلات البيئية عليه أن يتعمق فى إحدى تلك العلوم البيئية البينية.



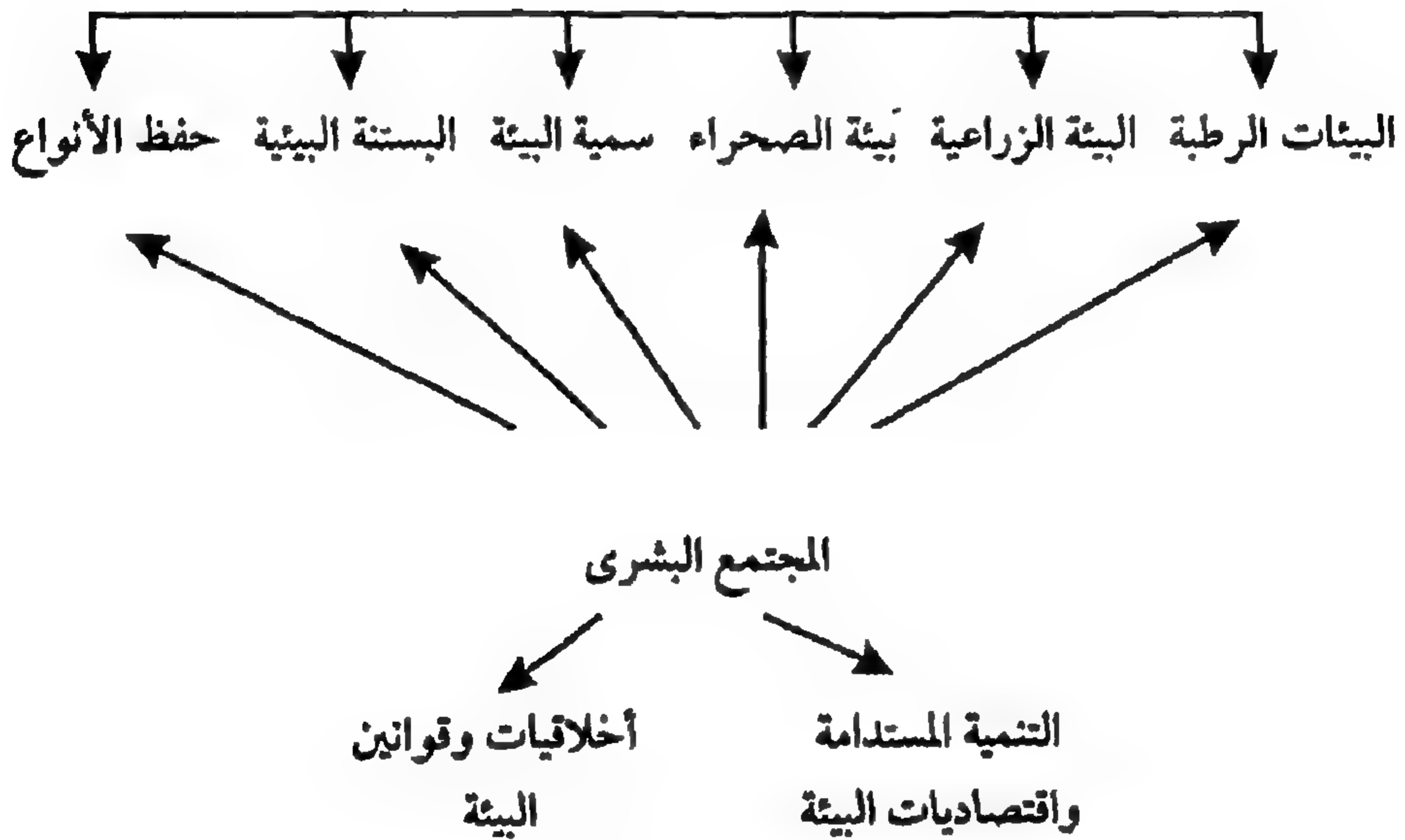
علم البيئة



[عن محمد عبد الفتاح القصاص - اتصال شخصي]

علوم بيئية بيئية

أمثلة



شكل (١): علم البيئة والمجتمع

إن علم البيئة يعتبر جسرا بين العلم والمجتمع، ليس فقط لأنه يتكامل مع أفرع أخرى من العلوم التجريبية ولكنه أيضا يرتبط ارتباطا وثيقا بالعلوم الإنسانية (شكل ١). ناقش الكاتب الإنجليزي C.P. Snow ضعف التواصل بين العلوم الإنسانية والعلوم التجريبية في كتابه المعروف «بالتقافتين» The Two Cultures وفي الطبعة الثانية من كتابه (Snow, 1963) افترض ضرورة ظهور ثقافة ثالثة Third Culture ويقصد بالثقافة الثالثة فرعا من فروع المعرفة يربط بين العلوم التجريبية والعلوم

الإنسانية وسوف يؤدي ظهور الثقافة الثالثة إلى تقليص فجوة التواصل بين العلوم التجريبية والعلوم الإنسانية. أما أودام "Odum" وهو من أقدم علماء البيئة المعاصرين، فيرى أن علم البيئة يمكن اعتباره مرشحاً قوياً لما يعرف بالثقافة الثالثة، حيث إن علم البيئة يعتبر فرعاً من المعرفة تتكامل فيه الدراسات التجريبية مع العلوم الإنسانية (Odum, 1997).

إننا نتفق مع المؤلف الأخير (Odum, 1997) حيث إن علم البيئة ربما يكون العلم الوحيد الذي أعطاه قاموس "Webster" تعريفين:

التعريف الأول: «علم البيئة» هو فرع من علم الأحياء يعالج العلاقات بين الكائنات الحية وبيئاتها.

"Ecology": The branch of biology that deals with the relations between organisms and their environment.

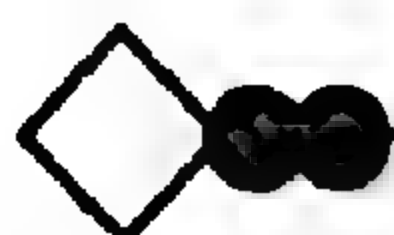
التعريف الثاني: «علم البيئة في علم الاجتماع» هو دراسة العلاقة بين انتشار المجتمعات أو المجموعات البشرية بالنسبة إلى الموارد وما يترتب على هذا الانتشار من أنماط اجتماعية وثقافية.

"Ecology": In sociology: The relationship between the distribution of human groups with reference to material resources, and the consequent social and cultural patterns.

(Webster's New Twentieth Century Dictionary of the English language, 1979).

ب- الطرق العلمية Scientific Methods:

هل من الممكن أن يساعد العلم عموماً وعلم البيئة على وجه الخصوص على الحد من فقدان التنوع الحيوي والمشاكل المتعلقة به، وهل يمكن تطبيق هذا العلم في الحد من الفقر وتدهور البيئة؟ وهل يعطى هذا العلم الأسس العلمية للتنمية المستدامة لموارد كوكب الأرض؟ الإجابة هي: نعم. بالرغم من اعتقاد عامة الناس بأن الأمطار الحمضية والمخلفات السامة وتلوث الماء والهواء والإشعاع الذري هي



الآثار المترتبة على التقدم العلمى ولا ينظر الناس إلى العلم على أنه «البطل» بل أصبح العلم هو «كبش القداء» إلا أنه يجب أن نضع نصب أعيننا أن هذه المشاكل هى نتاج الاستعمال الخاطئ للحقائق العلمية. ومن الممكن حل المشاكل البيئية بالطرق العلمية.

إن الطرق العلمية مكتسبة من جوهر الحقائق، وعموما فإن الخطوة الأولى هى الملاحظة الدقيقة ثم إعادة الملاحظة لتحديد تكرار الحدث وتأكيده الحدث من أكثر من باحث، والخطوة التالية هى بناء الفرضيات لشرح وتحليل وتفسير الظواهر التى تم رصدها. ويمكن اختبار الفرض الجيد والتأكد من صحته عن طريق إجراء المزيد من الملاحظة والتجارب. وإذا ما ثبتت صحة الفرض Hypothesis فى الاختبارات والتجارب المتكررة فقد يصل إلى مستوى النظرية Theory أو القانون Law. إن التقدم العلمى لا يعتمد على محاولة تأكيد النظرية بل إنه يعتمد أيضا على محاولة إسقاط بعض النظريات، حيث إنه من الممكن أن نجد بعض الشواهد التى تؤكد أى فرض، إلا أن القليل من النتائج السلبية يكفى لأن يسقط الفرض تماما. ولكن من سوء الحظ فإن الأبحاث التى تسجل عدم حدوث شىء ما (نتائج سلبية) لا تكون عادة محل ثقة من المجتمع العلمى، وبناء على ذلك فإنه من السهل نشر البحوث التى تؤكد الفروض، أما الأبحاث التى تعطى نتائج سلبية فإنها كما ذكرنا عادة لا تكون محل الثقة.

تبدو الطرق العلمية للشخص العادى - وأحيانا لبعض العلماء - على أنها طرق شكلية تبعث على الملل والضجر، وقد اتفق بعض العلماء على أن بعض الفروض العلمية يمكن استنتاجها بالحس والمنطق الذى نستعمله فى حياتنا اليومية بدون اللجوء إلى الطرق العلمية، وقد رفض العديد من العلماء الرأى الأخير، فبالرغم من أن استنتاج بعض الفروض بالمنطق الذى نستعمله فى حياتنا اليومية وبدون طرق علمية يبدو سهلا، إلا أنه غير صحيح حيث إن الطرق العلمية فى البحث والصياغة العلمية للحقائق سوف تؤدي إلى نتائج أفضل. ومن الناحية العلمية، فإن تقدم العلم يستمر من خلال طرق عديدة، فقد أشار إيزاك نيوتن (Isaac Newton) إلى أن العلماء يتجهون من الجزئيات إلى الكلّيات، حيث تتم



دراسة الظواهر ورصدها ثم يلي ذلك استنباط نظريات عامة. أما العالم بوبر (Popper) فيرى أن «الخيال» أو التصور يأتي أولاً ثم يليه الفرض ويتبع ذلك إجراء التجارب لاختبار صحة الفرض، وما لا شك فيه أن كلتا وجهتي النظر أثبتت أهميتها في البحث العلمي (Popper, 1972).

جـ - فرض عدم التأثير Null Hypotheses:

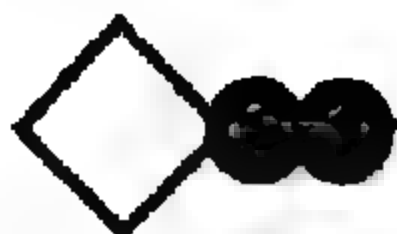
إن الفرض في البحوث البيئية غالباً ما يكون فرض عدم التأثير No effect hypothesis or Null Hypothesis وهذا الفرض يفترض أن النماذج البيئية أو العمليات والظواهر البيئية في الطبيعة تحدث بالصدفة وليس من خلال تأثير القوى المختلفة في الطبيعة وقد استعمل هذا الاسم (فرض عدم التأثير - No effect-Null hypothesis) بعض العلماء، وهناك العديد من التحاليل الإحصائية لتحديد هذا الفرض، وبالطبع فإن فرض عدم التأثير ليس هو الفرض الوحيد الذي له فائدة في أبحاث علم البيئة. فعلى سبيل المثال من الممكن أن يكون لدى الباحث أسباب ليقوم بفرضه. فعلى سبيل المثال يمكن للباحث أن يفترض أن نمط انتشار أو توزيع نوعين في بيئة معينة يرجع إلى التنافس، إلا أن فرض عدم التأثير يعتبر أفضل الفروض من الناحية المنطقية.

التساؤلات البيئية Ecological Questions:

افترض العالم سلوبودكين (Slobodkin, 1986) أن أهم التساؤلات في علوم البيئة والتطور هي:

ما هي الحياة؟، وكيف حدث التطور؟، وما الذي يحدد عدد الأنواع في بيئة معينة؟ ويرى هذا المؤلف أن أفضل الطرق للإجابة على التساؤلات البيئية هي أن نحدد سؤالاً دقيقاً، مثل هذا السؤال: كيف يذوب اللحم في معدة الصقر؟

اتفق بعض العلماء على ضرورة التركيز على دراسة الكائن الحي في الطبيعة والبحث في المشاكل البيئية الحقيقية بدلاً من تطبيق المعايير الرياضية والفلسفية. مما لا شك فيه أن التعامل مع المشاكل البيئية يحتاج إلى الكثير من البيانات. إن الذين اقترحوا استغلال المصادر مثل سيمون (Simon) استغلوا نقص المعلومات للدفاع



عن وجهة نظرهم فقد ذكروا أن المعلومات المتاحة لا تكفى لأن تثبت أن عملية إزالة الغابات Deforestation تؤدي إلى انخفاض كبير في عدد الأنواع النباتية والحيوانية (Stiling, 1992)، وإليك مثالا آخر: استعمل دوجلاس هاملتون وباركر (Douglas Hamilton, Parker) نفس البيانات لمناقشة موضوع حفظ الأفيال من الانقراض وصناعة العاج. حيث استنتج (باركر) أن نقص عدد الأفيال ينتج غالبا عن عوامل الموت الطبيعية وأن نقص عدد الأفيال نتيجة الصيد ليس له وجود إلا في أماكن محدودة، وعلاوة على ذلك فقد ذكر (باركر) أن معدل زيادة صيد الأفيال يرجع إلى تنافس الأفيال مع البشر الذين يتزايد عددهم في أفريقيا. ولكن دوجلاس لم يتفق مع كل ما ذكره المؤلف الأول باركر، حيث استنتج البحث الأخير (من نفس البيانات) أن المؤلف الأول قد بالغ في حساب أعداد الأفيال التي تموت بشكل طبيعي، وذكر أن الأفيال تنقرض نتيجة للصيد الجائر في الكثير من المناطق التي يمكن الوصول إليها بسهولة، بالإضافة إلى أن ارتفاع أسعار العاج يعتبر من أسباب تهديد الأفيال بالانقراض. وعندما نرى مثل هذا التباين في الاستنتاج الذي يبنى على نفس البيانات فإننا نستطيع أن ندرك أن هناك نقصا كبيرا في البيانات التي تبنى عليها هذه الدراسات (Pilgram & Western, 1986).

د - التجارب Experiments:

يعد إجراء التجارب أفضل طريقة لاختبار صحة الفروض البيئية، وقد فرق دايموند (Diamond, 1986) بين ثلاثة أنواع رئيسة من التجارب وهي: التجارب المعملية - التجارب الحقلية - التجارب الطبيعية (تجارب تصوير البيئة وتجارب المسار الطبيعي - جدول ١) ومن الناحية العملية فإن الأنواع الثلاثة تعتبر سلسلة متصلة، ثم قسم (دايموند) التجارب الطبيعية إلى قسمين هما:

القسم الأول: تجارب المسار الطبيعي Natural Trajectory Experiments: وتشمل مقارنة لأحد الأنظمة البيئية أو الأنواع قبل وبعد الاضطرابات الطبيعية مثل العواصف وثورات البراكين ودخول أنواع جديدة إلى البيئة.

أما القسم الثاني فيشمل ما يمكن تسميته تجارب التصوير الطبيعي أو تصوير البيئة Natural Snapshot Experiments: حيث إن هذه التجارب تعطي

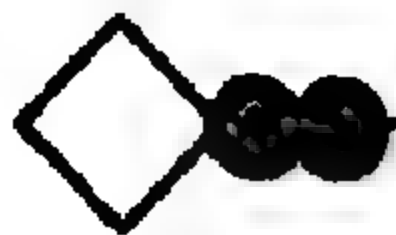


صورة أو تصورا عن البيئة مثل المقارنة بين المناطق الطبيعية التي تختلف عن بعضها البعض في صفات معينة مثل وجود أو عدم وجود أحد الأعداء الطبيعية. وقد لخصنا نقاط القوة والضعف في الأنواع الثلاثة من التجارب في جدول رقم (١). وعلى سبيل المثال نجد أن الظروف المحيطة بالتجارب المعملية محددة بحجم المعمل ودرجة حرارته، ويمكن أن تمثل هذه التجارب البيئية المحيطة بالمعمل بما يعادل حوالى ٠.٠١ من الهكتار. ويتسع مدى التأثير البيئي في التجارب الحقلية Field Experiments لمسافة تقل عن واحد هكتار، أما التجارب الطبيعية فهي غير محددة حيث يتسع حيز التجربة حتى يشمل جزيرة أو قارة.

من الممكن أن تنظم التجارب المعملية تأثير جميع العوامل غير الحية على الكائن الحي مثل: الضوء، ودرجة الحرارة، والرطوبة، والتغذية. إن التجارب المعملية تعد ذات قيمة عالية في دراسة تأثير مثل هذه العوامل على الكائن الحي. ويمكن أيضا استعمال التجارب المعملية في دراسة الاستجابة الفسيولوجية للظروف البيئية.

تتميز التجارب الحقلية بأنها تجرى في الظروف البيئية الطبيعية، ومن أشهر هذه التجارب دراسة تأثير إضافة أو إزاحة أحد الأنواع إلى أو من بيئة معينة. بالإضافة إلى دراسة بعض الظواهر في أقفاص حقلية أو ما يشبه ذلك، وقد قام داروين بإجراء تجربة حقلية لدراسة تأثير الحصاد والحيوانات آكلة العشب على تنوع النبات، وليس من المحتمل أن تعكس التجارب الحقلية التي تجرى في أقفاص حقلية أو نحوها تأثير الطبيعة بشكل كامل.

إن التقنية الوحيدة التي يمكن من خلالها تتبع المسار الطبيعي للبيئة على مدى عشرات السنين هي تجارب البيئة الطبيعية، فقد استطاع (Simberberloff) (1976) أن يدرس اختفاء وإعادة استعمار الكائنات الحية Defaunation and Recolonization في جزيرة مانجروف خلال عدة سنوات، وفي دراسة أخرى تم تتبع هذه الظاهرة على مدى أكثر من مائة عام في إحدى الجزر، ومن الحالات النادرة لتجارب البيئة الطبيعية ما تم في محطة روثماستيد للتجارب الزراعية بالملكة المتحدة، حيث استمرت التجارب على استعمال السماد لأكثر من مائة عام، وقد بدأت هذه التجارب سنة ١٨٤٣، وتجدر الإشارة إلى أن تجارب البيئة



جدول رقم (١) نقاط القوة والضعف فى الأنوع المختلفة من تجارب علم البيئة

تجارب تصوير البيئة (Natural snapshot experiments)	تجارب المسار الطبيعي (Natural trajectory experiments)	التجارب الحقلية (Field experiment)	التجارب العملية (Laboratory experiment)	معايير المقارنة (Factor)
غير ممكن	غير ممكن	نتائج متوسطة أو ضعيفة	أفضل النتائج	دراسة المتغيرات المستقلة
الأضعف	متوسط أو ضعيف	متوسط	الأفضل	توحيد مكان الدراسة
غير ممكن	ممكن	ممكن	ممكن	إمكانية تتبع الظواهر
أعلى	أعلى	ضعيف	الأضعف	المدى الزمنى
أعلى	أعلى	قليل	الأقل	المدى المكانى
عالية	عالية	ضعيفة	غير موجودة	العمومية
أعلى	أعلى	عالية	ضعيفة	الواقعية
الأعلى	متوسط أو عال	متوسط أو قليل	الأقل	مجال المعالجة

الطبيعية التى تعالج موضوعات الجفاف أو الفيضانات تعطى أفضل البيانات عن هذا الموضوع، وعلاوة على ذلك فإن تجارب البيئة الطبيعية تنطوى دائما على نظرة عامة وشاملة على البيئة، حيث يتم جمع العينات والبيانات من مدى جغرافى واسع مما يؤدى إلى ظهور التباين الحقيقى فى الطبيعة. ويمكن تلخيص ما سبق بافتراض أنه لا يمكن تحديد أى نوع من أنواع التجارب البيئية أفضل من الأخرى حيث إن تصميم التجارب يعتمد على موضوع الدراسة.

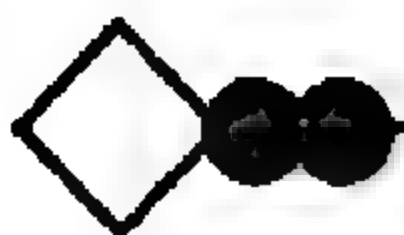
٢ - علم الأنظمة البيئية Systems Ecology

أ - لماذا نشأ علم الأنظمة البيئية؟

هناك الملايين من أطنان الأسمدة والمبيدات الحشرية تستخدم سنويا فتداخل مع الدورات البيوجيوكيميائية مثل دورة المياه ودورة التروجين ودورة الكربون في الطبيعة، وهناك الملايين من أطنان المخلفات الصناعية التي تنبعث في الغلاف الجوي لتؤثر على مناخ الكرة الأرضية - البيئة تدمر والأنواع تنقرض.

إن هناك اعتقاداً شائعاً «بأن إنسان ما قبل الحضارة الصناعية أحدث أضراراً» أقل للبيئة عن إنسان الحضارة الصناعية الحديثة، وهذا الاعتقاد يفترض أن الإنسان الذي كان يجمع غذاءه بالقنص ويحيا حياة بدائية عاش متوائماً مع البيئة ومتجنباً استغلال المصادر الطبيعية بشكل مدمر، ولكن الواقع أن هذا ليس صحيحاً في جميع الأحوال. وعلى سبيل المثال فإن وصول الإنسان لأول مرة على جزر المحيط تبعه فناء (انقراض) أغلب الحيوانات الشديدة في تلك الجزر. وتذكر المراجع أن إحدى الجزر الشرقية للمحيط الأطلنطي كانت مغطاة بأشجار النخيل والأشجار الكبيرة والشجيرات، وقد وصل إلى هذه الجزيرة البولynيسيون (Polynesians) عام ٤٠٠ بعد الميلاد وفي عام ١٥٠٠ بعد الميلاد بلغ تعداد السكان حوالي ٧٠٠٠ نسمة، وقد أزال سكان الجزيرة جميع الأشجار وانقرضت جميع الأنواع المميزة للجزيرة، وبعد إزالة الأشجار لم تعد هناك أشجار لعمل الزوارق ومن ثم تقلصت عمليات الصيد، ويزيادة عدد السكان بدأ الصراع الشرس بين السكان على مصادر الغذاء، وظهر سلوك أكل لحم البشر والاستعباد بين سكان المدينة وأصبح السكان يصنعون الرماح والحرايب بكميات كبيرة (Stiling, 1992).

لقد اتسعت دائرة تدمير البيئة حتى شملت جميع القارات وعلى سبيل المثال توجد آثار لقرى مهجورة كان يقطنها الهنود الحمر في صحراء الجنوب الغربي من الولايات المتحدة الأمريكية وكانت هذه المنطقة مكسوة بالأشجار من الفصيلة الصنوبرية، وبتكرار جمع هذه الأشجار لاستخدامها للبناء أو كمصدر للوقود خلت المنطقة من الأشجار وانحصرت أشجار الصنوبر في منطقة لا يتجاوز قطرها ٤٠-٧٠ كم.



إننا ببساطة لا نملك الحق في تدمير الأنواع والبيئة، ولكن الواقع أن تدمير البيئة اتسع نطاقه ليشمل جميع قارات العالم كما ذكرنا سابقا. وعلى سبيل المثال تذكر بعض التقارير الأمريكية أن هناك حوالي ٩٥ مليون مواطن أمريكي يتعاملون مع الحياة البرية من خلال الفحص والتصوير والملاحظة... إلخ بالإضافة إلى ٤٥ مليون فرد يقوم بصيد الأسماك و١٩ مليون فرد يقوم بالصيد البري كل عام، وينفق الشعب الأمريكي الملايين من الدولارات سنويا على مثل هذه الأنشطة، وقد أدت عمليات الصيد إلى فناء حوالي ٩٠ نوعا من الحيوانات في شمال الولايات المتحدة الأمريكية. وعلى صعيد آخر فقد حرق آبار البترول عمدا في حرب الخليج، هذا بالإضافة إلى النفايات النووية التي تحاول الدول المتقدمة التخلص منها والنفايات التي تنبعث من عمليات الصناعة ومخلفات الأسمدة والمخصبات الزراعية التي يستعمل العالم منها ملايين الأطنان سنوياً.

إن تسرب الأشعة الذي حدث في تشيرنوبل قد لا يكون الأول من نوعه ولن يكون الأخير، وربما تكون هناك حوادث مشابهة قد تبعت أو سبقت ذلك الحدث في أماكن أخرى من العالم ولم يعلن عنها. إن آخر ما نذكره أن الجهل والفقر وشدة التخلف كانت وراء إلقاء الآلاف من جثث البشر في بحيرات منابع نهر النيل - ذلك النهر الذي صنع أول حضارات العالم.

كل ما ذكرناه كان مقدمة طبيعية لظهور وتنامي أبحاث علم الأنظمة البيئية، ذلك العلم الذي يحاول البحث في بيئة الكرة الأرضية من خلال نظرة شمولية متكامل من خلالها المتطلبات البشرية مع الحفاظ على الأنظمة البيئية على المدى البعيد حتى تصبح بيئة صالحة لكل مظاهر الحياة للأجيال القادمة من البشر وكل صور الحياة والمخلوقات التي أودعها الله أمانة بين أيدينا.

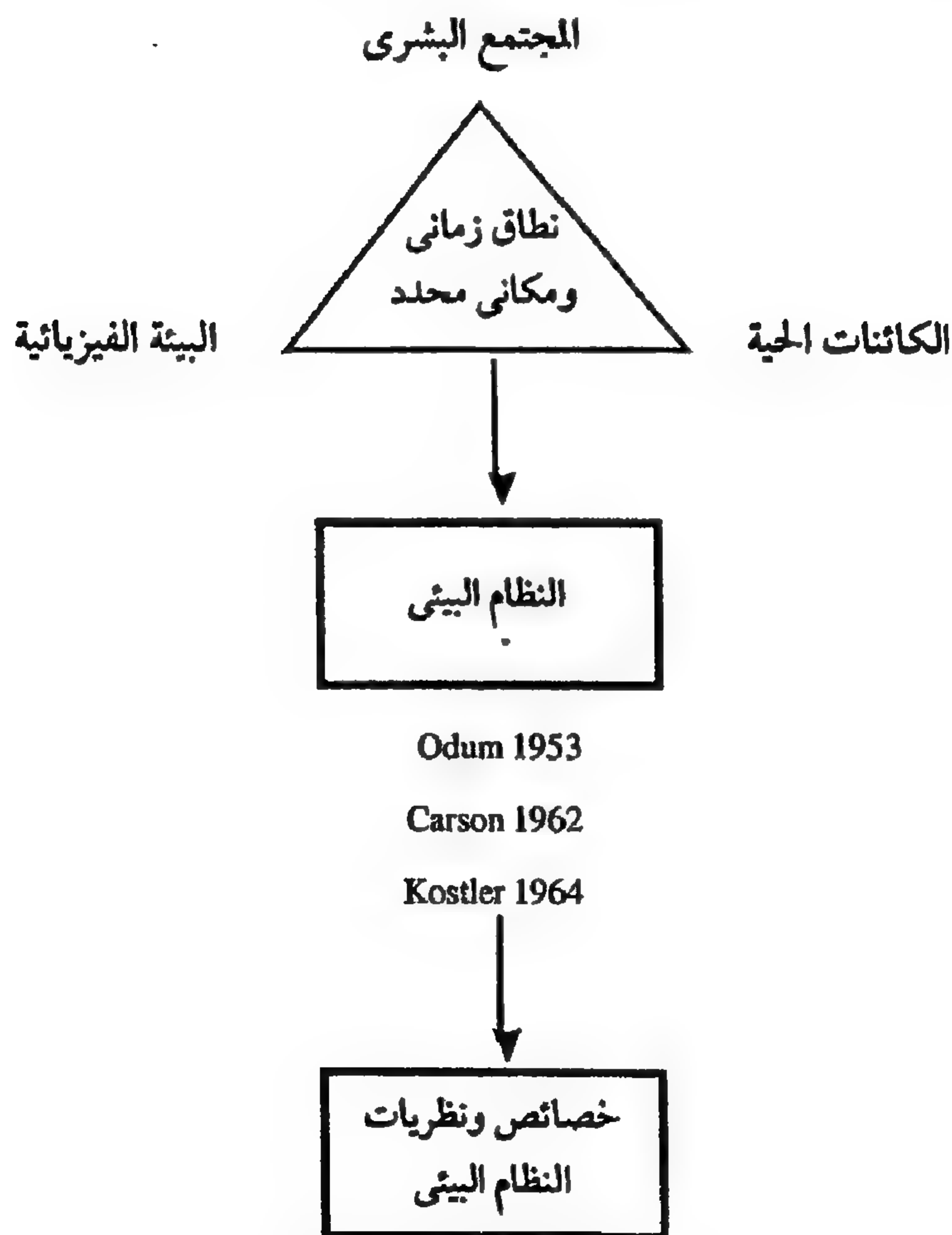
ب- استمرارية النظام البيئي:

لقد شهدت العقود الأربعة الأخيرة اهتماما متزايدا بنظرية النظام البيئي كنتيجة طبيعية لاهتمام العالم بقضايا البيئة. وقد احتوت المراجع البيئية الصادرة في تلك الفترة على الكثير من الأبحاث التي تركز على أنظمة البيئة أو في عبارة أخرى المنظومات البيئية Systems Ecology وصفات تلك المنظومات، وقد حاول العديد



من العلماء الإجابة على هذا السؤال كيف يستمر النظام البيئي «كنظام» له خواص وصفات معينة تدفعه على الاستمرار التلقائي؟

لقد ظهرت العديد من النظريات التي تحاول تفسير الاستمرار التلقائي للأنظمة البيئية خلال العشرين عاما الأخيرة، وسوف نحاول قدر المستطاع إعطاء الشرح والتحليل لبعض تلك النظريات حتى يمكن للقارئ المقارنة بين تلك النظريات. إن النظام البيئي غاية في التعقيد، ومن ثم فإنه ليس من الغريب أن تختلف وجهات النظر التي تشرح وجود واستمرار هذا النظام.



شكل (٢): نمو علم الأنظمة البيئية ويوضح الشكل أن الأعمال المقدمة من ثلاثة باحثين كانت من أهم عوامل تنامي هذا العلم فى ستينيات القرن الماضى

بدأت دراسة الأنظمة البيئية فى الخمسينيات من القرن الماضى وكان للعالم Odum فضل فى وضع أسس هذا العلم (راجع Odum, 1953)، ولكن البداية الحقيقية لهذا العلم كانت فى منتصف الستينيات عند ظهور أول جمعية علمية متخصصة فى هذا العلم حيث بدأت نظرية النظام البيئى فى النمو بعد ظهور كتاب الربيع الصامت (Carson, 1962) The silent spring وكتاب الشبح فى الآلة (Kostler, 1967) The Ghost in the machine (شكل ٢).

تتجه المدارس العلمية الحديثة إلى ما يعرف بالنظرة الشمولية Holistic إلى النظام البيئى، والنظرة الشمولية تعنى ببساطة أن النظام البيئى ليس ككل يساوى مجموع مكوناته بل هو أكثر من مجرد محصلة تلك المكونات والسبب فى ذلك أن علماء الأنظمة البيئية يرغبون فى فهم تأثيرات البشر على الطبيعة وكيفية تفاعل الطبيعة تجاه تلك التأثيرات، وبناء على ذلك فإن طرق البحث الاختزالية Reductionistic Methods والتي تهتم بدراسة ظاهرة واحدة أو مجموعة من الظواهر فقط فى النظام البيئى لم تعد مجدية فى حل المشاكل البيئية، ويعزى هذا إلى سببين:

أولاً: التأثيرات غير المتوقعة والتي يمكن أن تحدث عبر الزمان أو المكان نتيجة الارتباطات المعقدة والمتشابكة بين عناصر النظام البيئى، وتلك التأثيرات لا يمكن التنبؤ بها ببساطة، هذا بالإضافة إلى إمكانية حدوث بعض الظواهر النادرة فى الطبيعة بشكل تلقائى.

ثانياً: الأنظمة البيئية كيانات شديدة التعقيد، ومن ثم فإنه من المستحيل تحليلها ومعرفة كافة التفاصيل الخاصة باستمراريتها وتغيراتها إلا من خلال رؤية أكثر شمولية.

ومما تقدم نستطيع إدراك أنه لا يمكننا فهم الكل بمجرد إضافة كل ما أدركناه عن مكونات هذا الكل وسوف نعطى فى هذا الكتاب فكرة موجزة عن مدى تعقيد الأنظمة البيئية، ذلك التعقيد الذى أدى فى بداية التسعينيات إلى إدخال مبدأ الشك أو الريبة فى النماذج والنظريات البيئية. هذا بالإضافة إلى أن توازن وسريان الطاقة فى الأنظمة البيئية يعتبران من الركائز الأساسية فى النظريات الحديثة فى النظام

البيئي، ومن ثم فقد أعطينا شرحا مبسطا عن تطبيق القانون الأول للديناميكا الحرارية على الأنظمة البيئية، كما قدمنا مناقشة موجزة لمفهوم صحة النظام البيئي من منظور النظريات الحديثة للنظام البيئي. وأخيرا فقد تعرضنا لبعض النظريات الحديثة في شرح النظام البيئي ومن بينها التسلسل الهرمي في النظام البيئي ونظرية المعلومات في النظام البيئي.



- Carson, R. 1962.** Silent Spring, New *American library*, U.S.A.
- Diamond, J. 1986.** Overview: Laboratory experiments, field experiments and natural experiments: In J. Diamond and T. J. Case (eds): *Community Ecology*, PP, 3-22. Harper & Row, New York.
- Kostler, A. 1967.** The Ghost in the Machine, *Macmillan*, New York.
- Mahoney, M. J. 1977.** Puplication prejudices: *Cognitive therapy and Research* 1: 161-175.
- Odum, E. P. 1953.** Fundamentals of Ecology. *Saunders, Phladilphia*, P. A.
- Odum, E.P. 1997.** Ecology: A bridge between Science and Society. Sinaur Associates. Inc.
- Pilgram, T. and D Western. 1986.** Inferring hunting patterns on African elephants from tusks in the international Ivory trade. *Journal of Applied Ecology* 23:503-514.
- Popper, K.R. 1972.** The logic of Scientific discovery. 3rd edition *Hutchinson*, U. K.
- Simberloff, D. 1976.** Experimental Zoogeography of islands: Effects of island size. *Ecology* : 57: 629-648.
- Slobodkin, L. B. 1986.** Natural Philosophy rampant. *Paleobiology* 12: 111-118.



Snow, C. P. 1963. The two cultures. A second look. *Cambridge Univ. Press., U. K.*

Stiling, P. 1992. Introductory Ecology, *Prentice Hall., USA*

Stiling, P. 1996. Ecology: Theories and Applications. *Prentice Hall, USA*

Warming, J. E. B. 1895. Plantesamfund. Grundraek af den okologiske plantegograft. *Philipsen, kkobenhaven Denmark.*

* * *



الفصل الثاني

التركيب والتسلسل في النظام البيئي



١- تركيب النظام البيئي:

أ- طبيعة الكيانات في علم البيئة.

ب - الحدود.

٢- التسلسل الهرمي في النظام البيئي.

أ- تاريخ نمو مفهوم التسلسل في النظام البيئي.

ب- المعلومات ونظرية التسلسل الهرمي.

ج - الهولون.

د - تطبيق نظرية التسلسل الهرمي في علم البيئة.

هـ - التسلسل المكاني (الفراغي) للتركيبات والنسب في
الأنظمة البيئية.

و - التسلسل «المكاني - الزماني» للوظائف.

- مراجع مختارة

١- تركيب النظام البيئي Ecosystem Structure:

لفظ تركيب Structure يدل على مكونات الشيء، وتهتم العلوم الطبيعية بمكونات الأشياء والأنظمة الطبيعية لأن تلك المكونات تمدنا بالمعلومات الأساسية اللازمة لدراسة وظائف المكونات ودور كل منها في النظام أو الشيء المطلوب دراسته.

تحتاج الدراسات البيئية المتكاملة إلى دراسة تركيب ووظيفة Structure and Function الكيانات المختلفة في النظام البيئي، ولتوضيح ذلك نذكر أن علوم الحياة بدأت بدراسة الشكل والتركيب للكائنات الحية، وتلى ذلك دراسة العمليات الفسيولوجية والوظائف المختلفة للأعضاء التي حظيت بفهم تركيبها الشكلي.

لقد بدأ تاريخ علم الحياة بإعطاء أسماء للأنواع المختلفة من الكائنات الحية ودراسة تركيبها المورفولوجي والتشريحي وتقدم العلم بعد ذلك بدراسة وظائف التراكيب والأعضاء المختلفة للكائنات الحية.

وتتطلب دراسة النظام البيئي معرفة تركيبه، وهذا يعنى بالضرورة معرفة كل مكونات النظام البيئي ويلي ذلك دراسة وظيفة كل مكون في الحفاظ على نظام بيئي مستمر بشكل تلقائي، ويجب هنا أن نشير إلى عبارة هامة صاغها علماء البيولوجي الرواد في بداية القرن الماضي وهى أن «التركيب بصفة عامة تكيف لوظيفة معينة» "The structure is generally an adaptation to a function"، وربما تشير كلمة تركيب Structure في علوم الهندسة البيئية إلى نفس مفهومها في علوم الهندسة المدنية.

ولكن العالم الطبيعي يختلف بالقطع عن المنشآت المدنية، فكلمة تركيب في العالم الطبيعي أو النظام البيئي تشير إلى كيانات أو تراكيب نشأت كمحصلة ونتيجة للتفاعل المستمر بين العمليات الوراثية في الكائن الحي وقوى الانتخاب الطبيعي، حيث إن تركيب الكائن الحي يتغير طبقا لتغير الظروف البيئية المحيطة وبذلك يضمن لنفسه البقاء والاستمرار.

إن تأقلم وتكيف الكائنات الحية، والتي تعتبر جزءا من تركيب النظام البيئي، هذا التكيف أو التغير التدريجي مع التغيرات الفيزيائية قد يعنى أيضا بعض المرونة فى تركيب الكائن الحى حتى يتمكن من مواجهة التغيرات الفيزيائية مع ضرورة وجود ثبات نسبى فى تركيب الكائن الحى.

وسوف أناقش هنا تركيب الأنظمة البيئية، ولكن مع اعتبار أن النظام البيئي ككل «كيان واحد».

أ - طبيعة الكيانات فى علم البيئة Nature of Entities in Ecology

يمكن تعريف الكيان على أنه «شئ مدرك بالحواس وله حدود زمانية ومكانية وتترابط مكوناته ترابطاً منطقياً، وذكر (Golley and Killer, 1998) أن كلمة «حد» أو «حدود» لا تتضمن معنى انغلاق، فالأنظمة البيئية أنظمة مفتوحة تنساب منها وإليها المادة والطاقة والمعلومات.

ويعتبر فريدريك فير Freddrick Ferré أحد الفلاسفة القلائل الذين حاولوا التعرف على صفات ما وراء الطبيعة أو الصفات «الميتافيزيقية» "Metaphysical" للكيانات البيئية، وقد قدم ذلك الفيلسوف (Ferré, 1996) تعريفا لستة أشكال من الكيانات فيما يخص علم البيئة أو النظام البيئي، وتلك الكيانات هي:

١ - كيانات كلية أو إجمالية Aggregate Entities:

مثل الجبال والبحيرات والأجسام الفيزيائية الأخرى وهى كيانات لها حدود، ويعتمد إدراكنا لتلك الكيانات على معلوماتنا التى تضاف إليها وتلك الكيانات تكون الخلفية البيئية لمنظومات النظام البيئي.

٢ - كيانات نظامية "Systematic Entities":

وتشتمل تلك الكيانات على الأنظمة البيئية واستخدام لفظ نظام "System" فى كلمة الأنظمة البيئية "Ecosystems" يعطى دلالة على أن تلك الأنظمة تحتفظ بتركيبها ووظائفها فى ظل المتغيرات البيئية.



٣ - كيانات منهجية - شكلية "Formal Entities":

وهي كيانات تعتمد على معارفنا التي تضاف إليها؛ وعلى سبيل المثال فإن مفهوم النوع "species" البيولوجي هو كيان منهجي.

٤ - كيانات عضوية "Organic Entities":

تعتبر الكائنات الحية كيانات عضوية، والكيان العضوي هو في النهاية كيان يتضمن صفات وراثية تمدنا بأشكال جديدة للحياة.

٥ - كيانات توليفية "Compound Entities":

تتسم تلك الكيانات بوجود علاقات داخلية قوية بدون نظام ديناميكي داخلي يمكن أن يظهر، ويعتبر الماء أو الملح - كلوريد الصوديوم - أمثلة لتلك الكيانات.

٦ - كيانات أولية - جوهرية "Fundamental Entities":

وهي كيانات، ربما تكون ذات أهمية قليلة بالنسبة لعلم البيئة، وتلك الكيانات يمكن أن تنفصل عن تفسيراتنا حيث إنها أبعد من مشاهدتنا، وبالرغم من ذلك فهي واقعة. إن علماء البيئة يتعرفون على الكيانات المحددة من خلال المشاهدات المحسوسة مثل النوع أو الكائن الحي، بالإضافة إلى الكيانات الأكبر التي يمكن تحديدها من خلال إضافة المعارف إلى نتائج التجارب مثل النظام البيئي، والكيانات الجوهرية أو الأولية تقع بين هذين الشكليين من الكيانات، وأخير تجدر الإشارة إلى أن دراسة تركيب النظام البيئي يمكن أن تعطى تعريفاً واضحاً لمفهوم «الكيان» في النظام البيئي.

ب - الحدود Boundaries

ينطوي لفظ «كيان» "Entity" بداهة على شيء محدود، ومن ثم فإن الحد "Boundary" هو إطار الكيان وهو الذي يحول الكيان إلى واقع محسوس، ولكن الحدود في النظام البيئي تتسم بالنفاذية، حيث تنساب المعلومات والطاقة والمواد من وإلى النظام البيئي خلال حدود ذلك النظام.

وإذا بدأنا بالكيان البشري، فسوف نجد أن الإنسان كائن حي له حدود متعددة، وأولها أن الجسم البشري محاط بطبقة الجلد التي تحدد أبعاده بالإضافة إلى



وجود أعضاء داخلية مثل الرئتين والأعضاء التناسلية الداخلية والقناة الهضمية، وتلك التراكيب يمكن اعتبارها حدوداً للحماية وضبطاً لمعدلات وخصائص انسياب الطاقة والمواد من وإلى الجسم البشري. أما ما يحيط بنا فيمكن أن نشعر به من خلال «حدود» معينة لحواسنا البشرية، وعلى سبيل المثال يمكننا أن نسمع أشياء أبعد من نطاق رؤيتنا بالعين، وأخيراً فإن حدودنا البشرية تمتد لتتواصل مع المجتمع بأكمله من خلال تواصل الإنسان مع بيئته وأفراد نوعه.

ولنعد إلى محاولة إيجاد حدود للنظام البيئي مرة أخرى، فنجد أن بعض الأنظمة البيئية لها حدود واضحة مثل البحيرات المغلقة، ولكن في الكثير من الأنظمة البيئية يصعب تحديد «حدود» للنظام، وأخيراً فإنه يمكن التوصل إلى أن حدود النظام البيئي هي مناطق تغير معدلات واتجاهات انسياب الطاقة وتلك الحدود من الصعب تمييزها، ويمكن القول بأن حدود النظام البيئي هي خاصية تميزه ككيان قائم ولكنها ليست محصلة حدود مكوناته، يهتم علم المسطحات البيئية "Landscape Ecology" بحدود الأنظمة البيئية وكما أسلفنا الذكر فإن الحدود للنظام البيئي هي أطر تقديرية يتغير عندها معدل الانسياب من نظام إلى النظام المجاور مثل الحدود بين النظام البيئي الزراعي والنظام البيئي الطبيعي المجاور له مع الأخذ في الاعتبار أن حدود النظام البيئي ديناميكية ودائمة التغير (Golley, 2000).

وهناك العديد من المراجع التي ناقشت تركيب النظام البيئي ومن بينها (Hannon, 1973; Allen and Starr, 1982; Capra, 1996).

٢ - التسلسل الهرمي في النظام البيئي:

تعتبر الطباقية أو التسلسل الهرمي Hierarchy من أهم خصائص النظام البيئي، ويصف بعض العلماء النظام البيئي بأنه نظام طبقي أو في عبارة أخرى تتظم عناصر النظام البيئي في مستويات تصاعدية تبدأ من الخلية (المستوى الأول) وتنتهي بالغلاف الحيوي (البيوسفير Biosphere).

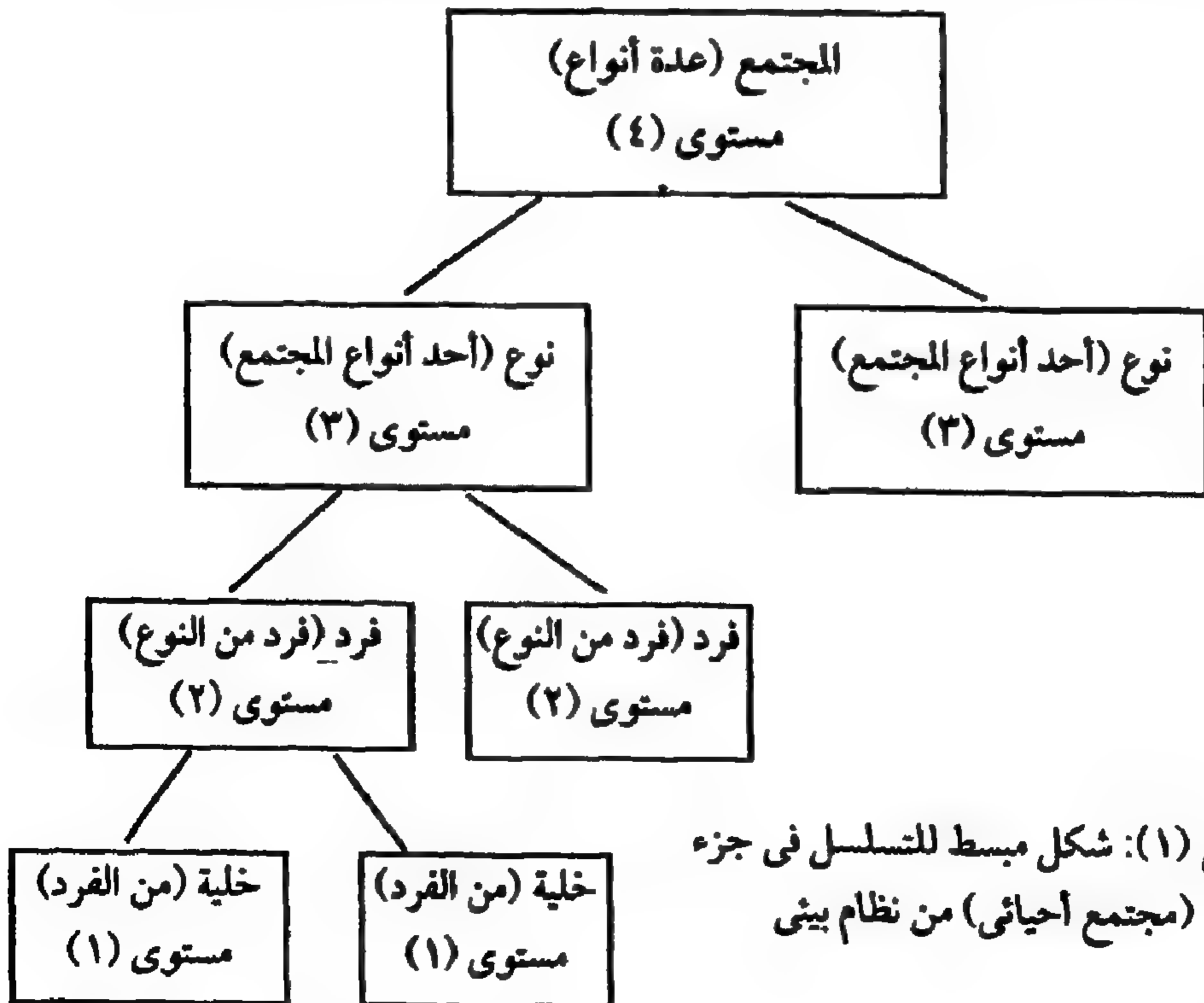
بدأ نمو مفهوم التسلسل الهرمي أو الطباقية كأداة لوصف النظام البيئي في الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي، ولكن التسلسل الهرمي (الوظيفي) يعتبر من الأشياء المعروفة في المجتمعات البشرية وعلوم الاجتماع منذ عهد بعيد.

إن الأنظمة البيئية، كما هو معروف أنظمة ذاتية التنظيم، وتتغير بصورة غير خطية، ولشدة تعقيد تلك الأنظمة، فمن الصعب وضع طرق لوصف تلك الأنظمة بشكل تفصيلي، وقد وضعت نظريات التسلسل الهرمي في النظام البيئي للمساعدة على فهم وإدارة الأنظمة البيئية (Hari & Muller, 2000)

أ - تاريخ نمو مفهوم التسلسل في النظام البيئي:

Historical Development of Hierarchical Concept in Ecosystems:

إن لفظ التسلسل الهرمي أو الطبقة Hierarchy يشير إلى ترتيب تصاعدي رأسى للسلطة في المنظمات البشرية (Simon, 1973). وعند تطبيق مفهوم التصاعدية في الأنظمة البيئية، فإنه يشير إلى كيان يحتوى على كيان أصغر منه، والكيان الأخير يحتوى بدوره على كيان أصغر منه... وهكذا حتى نصل إلى أصغر الكيانات التي من الصعب أو حتى المستحيل أن تحتوى على كيانات أصغر منها. ولكن التسلسل الهرمي في الأنظمة البيئية لا يسير في خط مستقيم ولكنه يتفرع كالشجرة، فكل مستوى يتفرع إلى كيانات أصغر وأصغر كما في شكل (١).



شكل (١): شكل مبسط للتسلسل في جزء (مجتمع حيائي) من نظام بيئي

وقد بدأ تطبيق نظرية الهرمية أو التسلسل في شرح ظواهر وعلاقات النظام في بداية الثمانينيات من القرن الماضي (Allen and Starr, 1982)، وتبع المؤلفين السابقين العديد من الباحثين في استغلال فكرة التسلسل أو الطبقة في شرح نظريات النظام البيئي ومن أمثلتهم (Salthe, 1985; O'Neil et al., 1986; Allen and Hoekstra, 1992; Muller, 1992; Klijin, 1997)

وكما ذكرنا سابقاً، فإن التسلسل الهرمي يعرف على أنه ترتيب تصاعدي رأسى في التركيب أو الحجم أو التنظيم... إلخ، وهذا يعنى أن كل كيان أو نظام من مشتملات النظام البيئي يشتمل على كيانات أقل منه في الوظيفة أو التركيب أو التأثير، وتطلق على الأنظمة أو الكيانات الأصغر تحت أنظمة Subsystems.

وكما أشار كوستلر (Kostler, 1970)، فإن كل «تحت نظام» يعتبر أعلى مرتبة في التسلسل الهرمي من «تحت نظام» أصغر منه. وتتفاعل «تحت الأنظمة» أو المستويات المعطاة شكل (١) بطريقتين إما بشكل أفقى حيث تتفاعل عناصر مستوى معين مع بعضها البعض مثل تفاعل أفراد النوع الواحد (شكل «١»، مستوى «٢») مع بعضها البعض أو بشكل رأسى مثل تفاعل أفراد النوع مع المجتمع (شكل «١» مستوى «٣») أو خلية مع مكونات جسم الفرد (شكل «١»، مستوى «١»).

ب - المعلومات ونظرية التسلسل الهرمي:

Information and The Theory of Hierarchy:

هناك علاقات تفاعل بين المستويات المختلفة في الأنظمة البيئية، ويمكن النظر إلى تلك العلاقات على أنها انتقال إشارات بين المستويات المختلفة أو انسياب للمعلومات أو الطاقة أو المواد بين المستويات المختلفة في تسلسل النظام البيئي. وعند انتقال المعلومة أو الإشارة من تحت نظام إلى تحت نظام أقل منه فإنه يتم ترشيح Filtration تلك الإشارة قبل أن تترجم لرسالة يتفاعل معها المستوى التالى. ومن أمثلة ذلك التغيرات المتاحة في درجة حرارة الغلاف الجوى حيث تلتطف (تنظم) عند وصولها إلى جلد الكائن الحى (الثدييات والطيور) قبل اختراق جسده، كما أن تلك التغيرات تصبح أقل حدة عند وصولها إلى طبقات التربة العليا، ومن هنا فإن الكائن الحى والتربة فى المثال السابق يرشح الإشارة أو المعلومة (درجة



الحرارة) وينظم مدخلات الطاقة لضبط وخفض كم الطاقة بسرعة تتناسب مع وقع التغيرات الخارجية على الكائن الحي. ولكن يجب ملاحظة أن المستوى الذي يتلقى الإشارة أو المعلومة يجب أن يتعامل معها ثم يتولى عملية الترشيح أو الضبط قبل إرسال المعلومة أو الإشارة إلى المستوى الأدنى منه.

ومن خصائص التسلسل الهرمي في النظام البيئي أن كل مستوى له معدلات مختلفة في استقبال المعلومة أو الإشارة، ومن ثم الاستجابة لها، حيث إن استجابة المستويات الأعلى أبطأ من المستويات الأقل (مثل تأثر الغلاف الجوي ككل بالملوثات الذي يكون أبطأ من تأثير منطقة معينة)، أضف إلى ذلك أن المستويات الأعلى هي المهيمنة والسيطرة على المستويات الأدنى، ويمكن تشبيه ذلك بالصندوق الكبير الذي يحتوي على صندوق أصغر والصندوق الأصغر يحتوي على صندوق أصغر منه... وهكذا حتى نصل إلى أقل وحدة ممكنة، فالصندوق الأكبر (المستوى الأعلى للتسلسل الهرمي في النظام البيئي) يحد من حركة الصندوق التالي... وهكذا حيث إن درجات الحرية ووصول المعلومة والإشارة يتم السيطرة عليها من أعلى إلى أسفل في النظام البيئي. ومن هنا ظهر مفهوم المعوقات. Concept of Constrains الذي أشار إليه (O'Neill et al. 1989) حيث إن المستويات الأعلى تمثل المقاومة البيئية Environmental Resistance والمستويات الأدنى تمثل الجهد الإحيائي Biotic Potential لمكونات المستويات الأدنى في النظام البيئي. ويمكن إعطاء مثال لإيضاح ذلك: يحدد كم الغذاء المتوافر (مستوى أعلى) قدرة أفراد النوع (مستوى أدنى) على الزيادة في العدد.

ج - الهولون Holon

كثيرا ما يستخدم لفظ «هولون» Holon في نظرية التسلسل في الأنظمة البيئية، وقد وضع ذلك المصطلح كوستلر (Koestler, 1970)، والكلمة مشتقة من أصل يوناني ومقسمة إلى مقطعين "holos" وتعني الكل (Whole) والمقطع "on" ويعني جزء (Part). وتستخدم كلمة هولون Holon لوصف تحت نظام "Subsystem" يمثل جزء من مستوى أعلى، وفي نفس الوقت يحتوي على جميع تحت الأنظمة الأدنى منه في التسلسل.



وأخيرا لخص هارى ومولر (Hari & Muller, 2000) خصائص التسلسل فى الأنظمة البيئية فى النقاط التالية:

- * يتكون النظام من تحت أنظمة، ترتبط بعضها البعض.
- * كل تحت نظام Subsystem يعتبر جزءا من النظام الأعلى منه فى التسلسل، ويعتبر فى نفس الوقت وحدات تنظيمية لتحت الأنظمة الأدنى.
- * تتفاعل تحت الأنظمة مع بعضها البعض من خلال إشارات تمر خلالها.
- * تفاعلات تحت الأنظمة فى نفس المستوى ليست حادة، ولكن التفاعلات الأهم توجد بين تحت الأنظمة فى المستويات المختلفة من التسلسل الهرمى لمكونات النظام البيئى، وكل تحت نظام يعتبر معوقا ومتحكما فى تحت النظام الأدنى منه خلال انتقال وترشيح المعلومات والإشارات المارة خلاله قبل إرسالها لتحت الأنظمة الأدنى (نزولا) أو إرسالها لتحت الأنظمة الأعلى (صعودا).
- * العمليات فى المستويات العليا تأخذ مدى مكانيا واسعا (تحدث على نطاق واسع بالنسبة للمكان مثل التغيرات المناخية للكرة الأرضية)، ولكنها تتغير ببطء بالنسبة للزمن (على مدى زمنى طويل)، والعكس صحيح بالنسبة للمستويات الأدنى، حيث تأخذ حيزا مكانيا ضيقا فى زمن قصير.

د - تطبيق نظرية التسلسل الهرمى فى علم البيئة:

Application of Hierarchy Theory in Ecology:

دخلت هذه النظرية علم البيئة عام ١٩٨٢ (Allen and Starr, 1982)، ومنذ ذلك الحين بدأ استخدامها وتطبيقها فى وصف الأنظمة البيئية.

وتجدر الإشارة إلى أن نظرية التسلسل الهرمى استخدمت فى علوم أخرى قبل علم البيئة. استخدمت فكرة التسلسل فى علوم التقسيم والتصنيف حيث

تميزت المراتب التصنيفية إلى طوائف ورتب وعائلات وأجناس وأنواع... إلخ، وسوف نعطى الآن أمثلة لاستخدام نظرية التسلسل في علم الأنظمة البيئية.

هـ - التسلسل المكاني (الفراغى) للتركيبات والنسب فى الأنظمة البيئية

Spatial Hierachies of Structures and Gradients in Ecosystems

من أمثلة التسلسل النوعى (الكيفى) فى الأنظمة البيئية ما أسماه آلان وهوكسترا (Allen and Hoekstra, 1992) التسلسل التقليدى لمستويات التعضى Conventional Hierarchy of Levels of Organization حيث أشارا إلى وجود مراتب أو تسلسل فى عناصر النظام البيئى بدءا من الخلية إلى المحيط الحيوى (راجع شكل ١) والتسلسل أو الطبقة تعنى أن كل مستوى يمكن اعتباره جزءا من مستوى أعلى منه ويتكون من وحدات من المستوى الأدنى، ويوضح الجدول التالى (جدول ١) مستويات التسلسل بدءا من المحيط الحيوى Biosphere وحتى الخلية (ديناميكية عنصر الكربون خلال المستويات المختلفة).

جدول ١: درجات التسلسل فى التعضى من الخلية إلى المحيط الحيوى

عن (Allen and Hoekstra, 1992)

رقم المستوى	المستوى	مثال على تفاعلات عنصر الكربون
الثامن	المحيط الحيوى Biosphere	اتزان الكربون على مستوى الكرة الأرضية شاملا الأنظمة البحرية
السابع	اليوم Biome	تأثير المناخ على ديناميكية الكربون
السادس	المسطحات الطبيعية Landscape	توازن الكربون فى متجمعات المياه العذبة
الخامس	النظام البيئى Ecosystem	توازن الكربون فى النظام البيئى
الرابع	المجتمعات Community	حركة الكربون فى السلاسل الغذائية
الثالث	الأمهات Populations	ديناميكية عنصر الكربون فى نوع واحد
الثانى	الكائن الحى Organism	حركة عنصر الكربون فى الهضم
الأول	الخلية Cell	الكربون فى عملية التنفس

التسلسل الزماني في عمليات النظام البيئي

Temporal Hierachy of Processes

كما أوضحنا سابقا، تشير نظرية التسلسل إلى أن عمليات المستويات الأعلى تعمل في نطاق مكاني أعلى وعلى مدى زمني بطيء، فنجد أن ديناميكية المياه في مناطق تجمعها الأساسية (البحار - الأنهار... إلخ) تعمل كأحد المعوقات التي تحدد ديناميكية المياه في البحيرات والتي تعتبر بدورها عاملا معوقا (محددًا) لديناميكية حركة المياه في أشجار الأراضي الرطبة (Alder Wetland)، من هنا يتضح نظام التسلسل الهرمي وتأثير المستويات المختلفة على المستويات التي تليها على المدى الزمني.

و - التسلسل المكاني - الزماني للوظائف

Spatio-Temporal Hierarchy of Functions

يعتبر توحد الزمن والفراغ لبناء وحدات تنظيمية من أهم التحديات التي تواجه نظرية التسلسل الهرمي في النظام البيئي. حيث إنه من السهل أن نوجد مثالا للتسلسل في الزمن أو الفراغ ولكن من الصعب أن نجد توحيدها في التسلسل الهرمي الزماني - المكاني لطبقات أو مستويات النظام البيئي؛ ولكن يمكن إعطاء بعض الأمثلة للتسلسل «الزماني - المكاني»، حيث توجد علاقة بين حجم الجسم وفترة الحياة أو معدلات التكاثر (الزيادة المكانية في الكتلة الحيوية وزمن الجيل) أو جسم الحيوان (الكتلة الحيوية) ومعدلات تكاثره كما يتضح في الأمثلة التالية (مع الأخذ في الاعتبار بعدم إمكانية تطبيق نظرية التسلسل الهرمي على تلك الأمثلة):

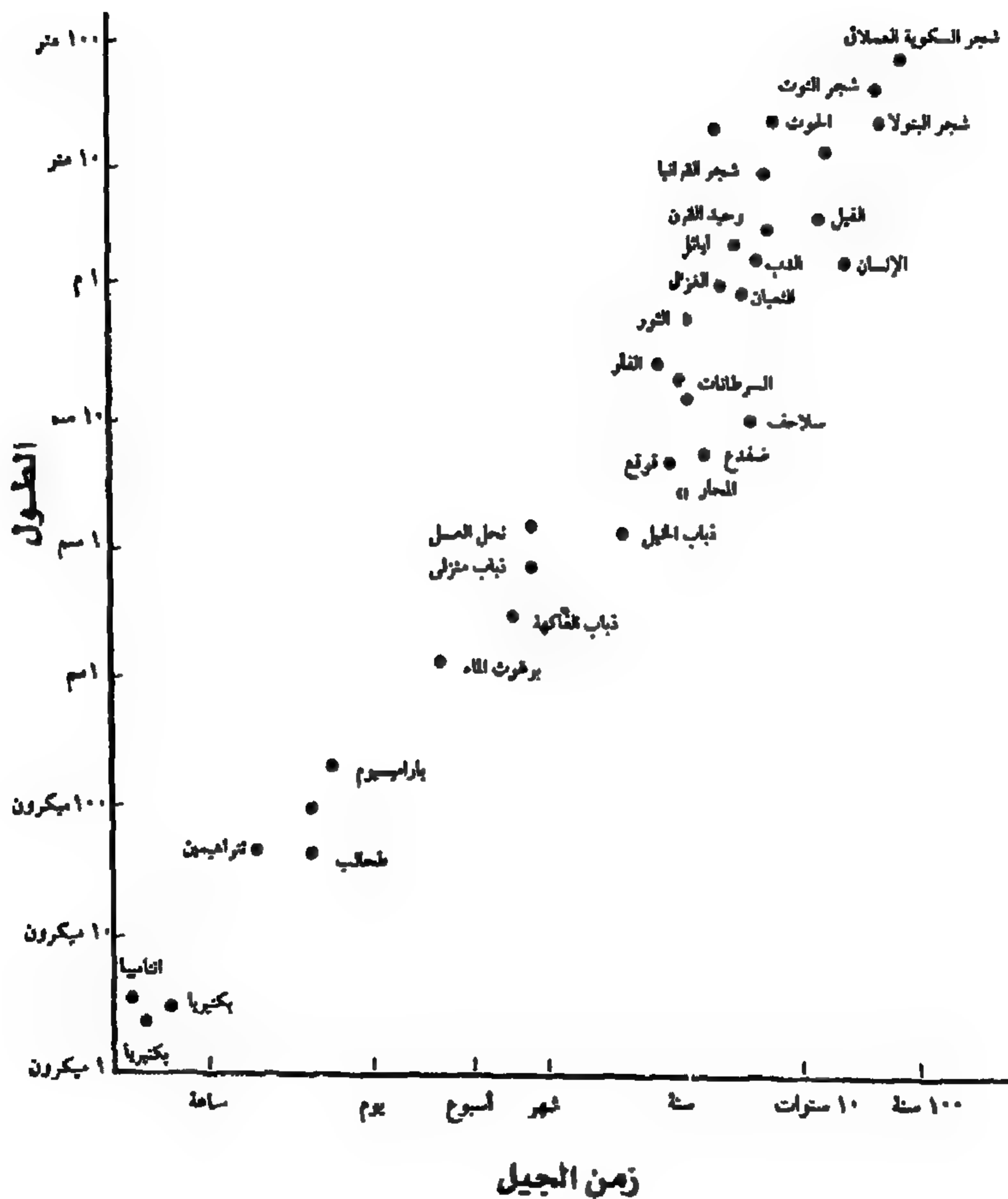
١ - توجد علاقة قوية بين حجم الكائن الحي ومتوسط زمن الجيل (الأنواع الكبيرة مثل الثدييات تكمل دورة حياتها في عدة سنوات بينما تحتاج بعض الحشرات إلى أسابيع قليلة لإكمال دورة حياتها، في حين أن دورة حياة الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا تحتاج إلى ما يقدر بالدقائق أو الساعات) (شكل ٢).

٢ - تقل معدلات التكاثر الطبيعية للأفراد "r" (الزيادة في الكتلة الحيوية - واحتلال مساحة أكبر في الفراغ) مع زيادة زمن الجيل (شكل ٣).

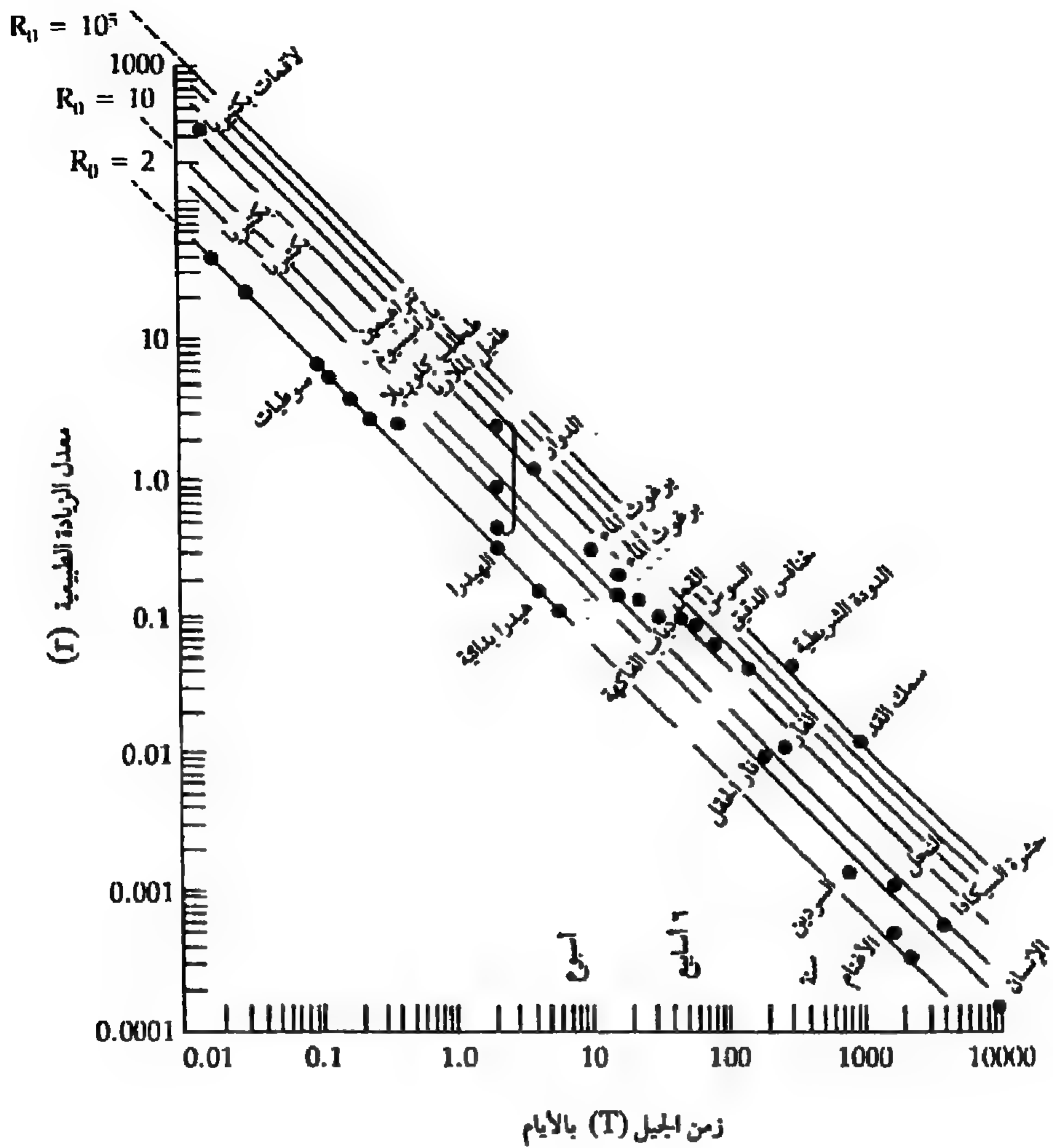


٣- الحيوانات الكبيرة لها معدلات زمنية أقل للزيادة في العدد (شكل ٤) حيث تقل معدلات التكاثر (%) للحيوانات ذوات الدم الحار عن الحيوانات ذوات الدم البارد وترتفع معدلات التكاثر في الكائنات وحيدة الخلية.

والنقاط السابقة لها أهمية عند النظر في اختيار تقنيات حفظ الأنواع، حيث يمكن من خلالها تحديد الزمن الذي تستغرقه آهلات النوع الذي تعرض لظروف بيئية صعبة لتعيد بناء نفسها من جديد.

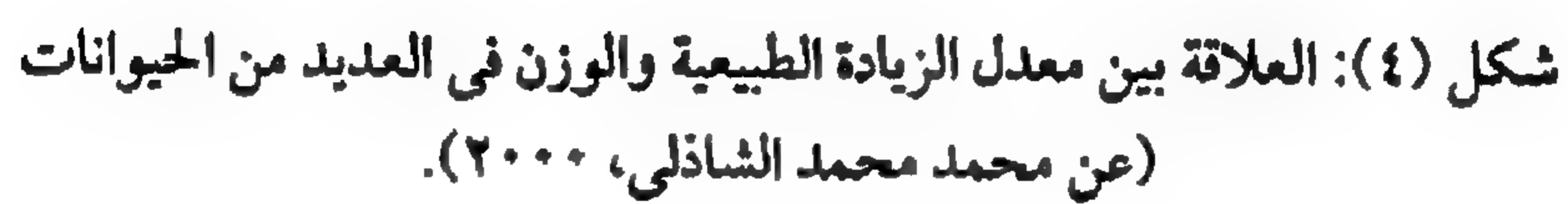


شكل (٢): العلاقة بين الطول وزمن الجيل في مجموعة متنوعة من الكائنات الحية (عن محمد محمد الشاذلي، ٢٠٠٠).



شكل (٣): العلاقة بين معدل الزيادة الطبيعية R وزمن الجيل في العديد من الكائنات (عن محمد محمد الشاذلي، ٢٠٠٠).





- مراجع مختاره:

محمد محمد الشاذلي: ٢٠٠٠. مبادئ علم بيئة الحشرات. الدار العربية للنشر والتوزيع - جمهورية مصر العربية.

Allen, T. F.H. and Starr, T. B. 1982. Hierarchy-Perspectives for Ecological Complexity. The University of Chicago Press, Chicago-London, 310pp.

Allen, T.F.H. and Hoekstra, T.W. 1992. Toward a Unified Ecology-Complecity in Ecological Systems. Columbia University Press, New York, 384pp.

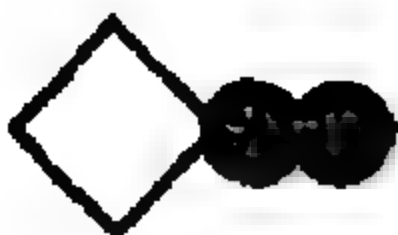
Burke Hubard, B. 1997. Wavelets-Die Mathematik der kleinen Wellen. Birkhauser Verlage, Basel-Boston-Berlin, 308pp.

Burrough, P. A. 1981. Fractal dimensions of landscapes and other environmental data. Nature 294, pp 240-242.

Burrough, P. A. 1983. Multiscale sources of spatial variation in soil I: the application of fractal concepts to nested.

Capra, F. 1996. The web of life: A new scientific understanding of living systems. Anchor books, New York.

Clemen, T. 1997. Integration simulation models into environmental information systems-model analysis. In: Denzer, R., Swayne, D. A. and Schimak, D. (Eds.) Eniveronmental Software Systems. Volume 2, pp 292-299.



- Clemen, T. 1999.** Zur wavelet-gestutzen Validierung von Simulationsmodellen in der Okologie-Dissertation. Universitat Kiel.
- Caedke, U., Barthelmess, T. and Straile, D. 1996.** Temporal variability of standing stocks of individual species, communities, and the entire plankton in two lakes of different trophic state: empirical evidence for hierarchy theory and emergent properties? *Senckenbergiana Maritima* Band 273/6, pp. 169-177.
- Colley, F. B. 1979.** Structural and Functional properties as they influence ecosystem stability proceedings of 1st. international congress of Ecology 97-102.
- Ferre, F. 1996.** Being and value toward a constructive postmodern metaphysics. State. Univ. New York Press, Albany.
- Golley, F. B. & D. Keller. 1998.** Science of synthesis. Univ. of Georgia press.
- Golley, F. B. 2000.** Ecosystem structure, pp. 21-32. In S. E. Jorgensen & F. Muller (eds.). Hand book of Ecosystem theories and management. Lewis Publishers, U.S.A.
- Hannon, B. 1973.** The structure of Ecosystem. *J. Theoretical Biology*. 41: 535-546.
- Hari, S. 1999.** Die Anwendung der Hierarchietheorie in der Okosystemforschung-Dissertation. Universitat Kiel.
- Hari, S., Franzle, O., Li, B. L., Muller, F. and Reiche, E.-W. :** Spatio-temporal heterogeneity and scales of forest ecosystem processes. *Ecological Studies*.



- Hari, S. & Muller, F. 2000.** Ecosystems as hieracheal systems pp. 265-280. In S. E. Jorgensen & F. Muller ceds.). a handbook of Ecosystem theories and management. Lewis publisher, USA.
- Klijn, F. 1997.** A Hierarchical Approach to Ecosystems and its Implications for Ecological Land Classification. Ponsen and Looijen BV, Wageningen, 186pp.
- Kluge, W. 1993.** Der Einfluß von Uferfeuchtgebieten auf den interirdischen Wasser-und Stoffaustausch zwischen Umland und See. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 72, S. 151-154.
- Koestler, A. 1970.** Jenseits von Atomismus und Holismus-der Begriff des holons. In: Koestler, A. and Smythies, J. R. (Hrsg.) Das neus Menschenbild. S. 192-229.
- Kolasa, J. 1989.** Ecological systems in hierarchical perspective: breaks in community structure and other consequences. Ecology 70 :36-47.
- Loehle, C. and Li, B.L. 1994.** Statistical properties of ecological and geologic fractals. Ecological Modelling 85: 271-284.
- Mesarovic, M. D., Macko, D. and Takakara, Y. 1970.** Theory of Hierachical, Multilevel Systems. Academic Press, New York, 294pp.
- Milne, B. 1990.** Lessons for applying fractal models to landscape patterns. In: Turner, M. G. and Gardner, R. H. (Eds.) Quantitative Methods in Landscape Ecology. Pp 199-235.



Muller, F. 1992. Hierarchical approaches to ecosystems- consequences of self-organising processes?- *Senckenbergiana Maritima* 27 (3-6), S. 151-168.

Muller, F. 1998. Gradients in ecological systems. *Ecological Modelling* 108: 3-21.

Muller, F., Breckling, B., Bredemeier, M., Grimm, V., Malckow, H., Nielsen, S. N. and Reiche, E.W. 1997. Emergente Okosystemeigenschaften. In: Franzle, O., Muller, F. and Schroder, W. (Hrsg.). *Handbuch der Umweltwissenschaften*. Kapitel III-2.5, 21 S.

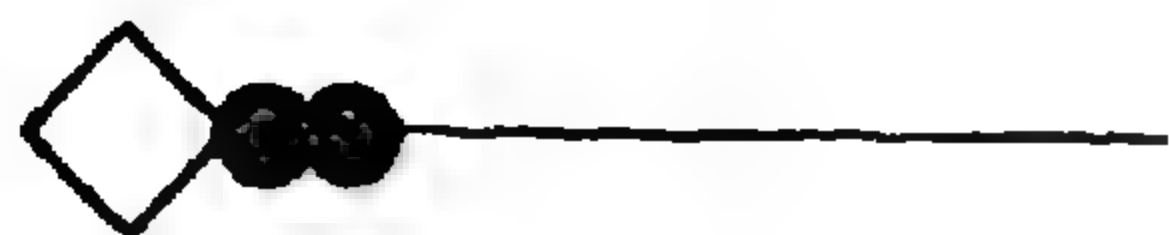
O'Neill, R. V., DeAngelis, D. L., Waide, J. B. and Allen. T. F. H. 1986. A Hierarchical Concept of Ecosystems. Princeton University Press, Princeton-New Jersey, 253 pp.

O'Neill, R. V., Johnson, A. R. and King, A. W. 1989. A hierarchical framework for the analysis of scale. *Landscape Ecology* 3: 193-205.

Pattee, H. H. 1973. Hierarchy theory-The Challenge of Complex Systems.-Braziller, New York, 156, 156pp.

Salthe, S. N. 1985. Evolving Hierarchical Systems-Their Structure and Representation.-Columbia University Press. New York, 343pp.

Simon, H. A. 1973. The Organization of Complex. In: Pattee, H.H. (Ed.) *Hierarchy Theory*. Pp 1-27.



Steel, J.H. 1989. The ocean landscape. *Landscape Ecology* 3: 185-192.

Torrence, C. and Compo, G.P. 1998. A practical guide to wavelet analysis-Bulletin of the American Meteorological Society 79: 61-87.

Wetzel, H. 1998. Prozessorientierte Deutung der Kationendynamik von Braunerden als Glieder von Acker- und Waldcatenen einer norddeutschen Jungmoränenlandschaft-Bornhoveder Seenkette.-*Ecosys Suppl.* Bd 25, 132 S.

* * *



الفصل الثامن

المفاهيم الأساسية والرقمية للأنظمة البيئية



- ١ - الأنظمة البيئية كأنظمة معقدة.
- ٢ - دور النماذج البيئية والادوات الأخرى فى نمو نظريات النظام البيئى.
- ٣ - مبدأ الريبة (الشك) فى فهم النظام البيئى.
 - أ - تطبيق مبدأ الشك فى ميكانيكا الكم على الأنظمة البيئية
 - ب - مفهوم الشك
 - ج - الشك فى النماذج البيئية
- مراجع مختارة.

مقدمة:

بدأت دراسة الأنظمة البيئية في الخمسينيات من القرن الماضي وكان للعالم Odum فضلا في وضع أسس هذا العلم (راجع Odum, 1969)، ولكن البداية الحقيقية لهذا العلم كانت في منتصف الستينيات عند ظهور أول جمعية علمية متخصصة في هذا العلم، حيث بدأت نظرية النظام البيئي في النمو بعد ظهور كتاب الربيع الصامت (Carson, 1962) The Silent Spring وكتاب الشبح في الآلة (Kostler, 1967) The Ghost in The Machine.

تتجه المدارس العلمية الحديثة إلى ما يعرف بالنظرة الشمولية Holistic إلى النظام البيئي، والنظرة الشمولية تعنى ببساطة أن النظام البيئي ليس ككل يساوي مجموع مكوناته، بل هو أكثر من مجرد محصلة تلك المكونات، والسبب في ذلك أن علماء الأنظمة البيئية يرغبون في فهم تأثيرات البشر على الطبيعة وكيفية تفاعل الطبيعة تجاه تلك التأثيرات، وبناء على ذلك فإن طرق البحث الاختزالية Reductionistic Methods والتي تهتم بدراسة ظاهرة واحدة أو مجموعة من الظواهر فقط في النظام البيئي لم تعد مجدية في حل المشاكل البيئية، ويعزى هذا إلى سببين:

أولاً: التأثيرات غير المتوقعة والتي يمكن أن تحدث عبر الزمان أو المكان نتيجة الارتباطات المعقدة والمتشابكة بين عناصر النظام البيئي، وتلك التأثيرات لا يمكن التنبؤ بها ببساطة، هذا بالإضافة إلى إمكانية حدوث بعض الظواهر النادرة في الطبيعة بشكل تلقائي.

ثانياً: الأنظمة البيئية كيانات شديدة التعقيد، ومن ثم فإنه من المستحيل تحليلها ومعرفة كافة التفاصيل الخاصة باستمراريتها وتغيراتها إلا من خلال رؤية أكثر شمولية.

ومما تقدم نستطيع إدراك أنه لا يمكننا فهم الكل بمجرد إضافة كل ما أدركناه عن مكونات هذا الكل: وسوف نعطي في هذا الفصل فكرة موجزة عن مدى

تعقيد الأنظمة البيئية، ذلك التعقيد قد أدى في بداية التسعينيات إلى إدخال مبدأ الشك أو الرية في النماذج والنظريات البيئية. هذا بالإضافة إلى أن توازن وسريان الطاقة في الأنظمة البيئية يعتبران من الركائز الأساسية في النظريات الحديثة للنظام البيئي، ومن ثم فقد أعطينا شرحا مبسطا عن بعض تطبيقات الديناميكا الحرارية على الأنظمة البيئية.

١- الأنظمة البيئية كأنظمة معقدة Ecosystems as Complex Systems

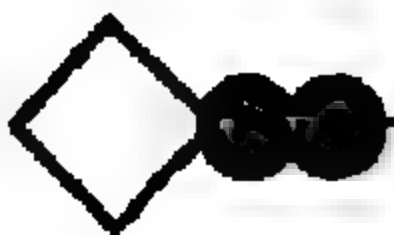
اجتهد العلماء وتوصلوا إلى أن النظام البيئي النمطي يتكون من ١٠^{١٥} إلى ١٠^{٢٠} من المكونات، وبعض هذه المكونات يمكن أن يتسمى لنفس النوع أو نفس المادة غير الحية والتي قد توجد في صور أو أشكال مختلفة في النظام البيئي مثل جزيئات الغرين. يختلف عدد أنواع الكائنات الحية من نظام إلى آخر، ولكنه يتراوح بصفة عامة بين ١٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠٠٠ نوع. ولكن يجب ألا يغيب عنا أن أفراد نفس النوع تختلف في صفاتها الوراثية، حيث إن لكل فرد بصمته الوراثية الخاصة وعندما نضع تعداد أفراد النوع في الاعتبار فإننا نتعامل مع نظام مكون من ١٠^{١٥} إلى ١٠^{٢٠} جزء ولكل منها صفاته الخاصة. ومن ثم فإن هذا الفصل يهدف إلى مناقشة وإيضاح بعض جوانب النظريات الحديثة في النظام البيئي والتي تلقى الضوء على درجة تعقيد الأنظمة البيئية ودور النماذج البيئية في نمو نظريات النظام البيئي ومبدأ الشك الذي أدخل حديثا في نظريات ودراسات الأنظمة البيئية وعلاقة علم الديناميكا الحرارية بنظرية النظام البيئي.

ومما سبق يتضح أنه من العسير تحليل ومعرفة كل مكونات النظام البيئي وحتى لو تحقق العسير واستطعنا جمع كافة المعلومات عن جميع مكونات نظام بيئي بذاته فإنها لن تكون مجدية تماما نظرا لتغير المكونات البيولوجية للنظام بصفة مستمرة حتى تتواءم مع التغيرات البيئية المحيطة بها.

وقد حدد العلماء بعض الخواص المشتركة للأنظمة البيئية والتي سوف ننوه عنها الآن، وبصفة عامة فإنه يمكن تلخيص خصائص الأنظمة البيئية فيما يلي:



- ١ - كل نظام بيئي يتكون من عدد هائل من المكونات.
 - ٢ - تتفاعل تلك المكونات وتتبادل التأثير على بعضها البعض بطريقة غير خطية وعلى مدى مختلف في الحيز والزمان.
 - ٣ - تنظم الأنظمة البيئية أنفسها بشكل تلقائي ومحصلة ذلك هو تركيبات وسلوكيات معقدة للنظام البيئي.
 - ٤ - تخضع الأنظمة البيئية لقوانين الديناميكا الحرارية.
 - ٥ - تستجيب الأنظمة البيئية للتغيرات الفيزيائية في البيئة عن طريق تكيف الكائنات الحية لتلك التغيرات.
 - ٦ - تراكيب وديناميكا الأنظمة البيئية غير منعكسة، أي أن وصول النظام البيئي لشكل كان عليه في فترة زمنية سابقة غير ممكن، ولكن توجد شواهد لما كان عليه أي نظام بيئي سابق.
 - ٧ - الهرمية Hierarchy في النظام البيئي: وهذا يعني أن عناصر النظام البيئي تنظم في شكل متسلسل أو هرمي، فالنظام البيئي يتكون من تحت أنظمة Subsystems وكل منها يتكون من مجموعة مكونات وعناصر (راجع الفصل الثاني).
- بالإضافة إلى الخصائص السابقة، فقد اتفق العديد من العلماء (Klötzli, 1993 a,b; Jax et al., 1993) على بعض الشروط التي يجب أن تتوافر في أي وحدة من الطبيعة حتى يمكن أن تعامل كنظام بيئي وتلك الشروط هي:
- ١ - دورات المواد (مثل دورة التروجين أو الكربون) وحركة العناصر في الشبكات الغذائية في النظام (راجع الفصل الخامس).
 - ٢ - انسياب الطاقة الذي يحفز التنوع البيولوجي والدورات الغذائية.
 - ٣ - وجود المركبات العضوية، وغير العضوية، وعوامل الطقس والمناخ والأنواع المنتجة والمستهلكة والمحللات في حيز النظام (راجع الفصل الخامس).
 - ٤ - حدود زمانية ومكانية للنظام (راجع الفصل الثاني).



٥ - قدرة النظام على التنظيم الذاتى والتلقائى .

٦ - وجود علاقات داخلية وخارجية تربط جميع مكونات النظام كوحدة واحدة .

فإذا ما انطبقت الخصائص والشروط السابقة على أى وحدة من الطبيعة فإنها تعتبر بمثابة «نظام بيئى» Ecosystem .

٢ - دور النمادج البيئية والأدوات الأخرى فى نمونظريات النظام البيئى،

Ecological Modeling and other Tools applicable in development fo Ecosystem Theories:

تعتبر النمادج الرياضية إحدى الطرق الهامة فى دراسة النظام البيئى، حيث استخدمت النمادج الرياضية كأدوات لوصف العلاقات المعقدة فى الطبيعة. والنموذج الرياضى هو محاولة لوصف الصفات المميزة والعلاقات فى النظام البيئى عن طريق استخدام الاصطلاحات والعلاقات الرياضية .

لقد بدأ استخدام النمادج الرياضية فى علوم البيئة فى مطلع العشرينيات من القرن الماضى ولكن مع بداية السبعينيات تعاظم دور النمادج الرياضية فى وصف العلاقات البيئية وصياغة نظريات وفرصيات الأنظمة البيئية، ويرجع السبب فى ذلك إلى تقدم تقنيات استخدام الحاسب الآلى حيث أمكن حل مجموعات معقدة من العلاقات الرياضية وإعطاء شكل نهائى واضح لتلك العلاقات فى صورة نمادج رياضية .

يمكن تعريف النموذج الرياضى على أنه «طريقة لاستخدام وتنظيم وتحليل عناصر من المعرفة أو بيانات متاحة عن مجموعة متغيرات مرتبطة بطرق أو بطريقة ما» ومن ثم فإن صحة النموذج أو قيمته تعتمد بصورة مباشرة على صحة وجودة العناصر أو البيانات المتاحة عن المتغيرات التى يعبر عن علاقاتها بالنموذج .

وبناء على ما تقدم فإن النموذج الرياضى لا يمكن الاعتماد عليه فى ملء الفجوات المعرفية أو الإضافة إلى معلوماتنا عن النظام إذا ما اعتمد على عناصر أو بيانات ضعيفة أو غير كاملة، ومن ناحية أخرى، فإن النموذج الرياضى يمكن أن يمدنا بمعلومات جديدة وتصورات غير تقليدية وعلاقات واقعية تضاف إلى معارفنا عن التفاعلات والعلاقات فى النظام البيئى إذا ما اعتمد على بيانات صحيحة



وعناصر متكاملة، وفي هذه الحالة يكون النموذج الرياضي قادرا على إعطاء معلومات جديدة عن العلاقات والتفاعلات في النظام البيئي، ومن ثم يساعد في بناء نظريات النظام البيئي. وعلاوة على ذلك فإن وضع نتائج النماذج التي بنيت من خلال وجهات نظر ورؤى مختلفة جنبا إلى جنب في محاولة لإيجاد خيط يربط بين تلك النماذج قد يعطينا تصورا وفهما شموليا عن النظام البيئي.

إن تحليل العلاقات والمشاكل Analysis of Problems يعتبر إستراتيجية قوية يستخدمها العلم ولكن حتى الآن لم يتم استخدام توليف أو تركيب المعلومات Synthesis of Knowledge كأداة للكشف عن أسرار الطبيعة، ولكن ظهور المشاكل البيئية قد أدى إلى نمو النماذج البيئية كطريق أو أداة لإمساك اللثام عن تفاعلات وخصائص الأنظمة البيئية، حيث إن النموذج عبارة عن أداة توليف أو تجميع Synthesising للحقائق وليس أداة تحليلية وفي الواقع فإن التحليل Analysis عكس التوليف Synthesis، والمصطلح الأخير "Synthesis" «توليف» يعنى في الديالكتيك الهيجلي أو المنطق الجدلي الهيجلي (الفيلسوف الألماني هيجل فردريك - صاحب المنطق الجدلي الهيجلي) يعنى الجمعية أو نتيجة الجمع بين الطريقتين Thesis والنقيضة Antithesis، وبالرغم من هذا فينبغى أن لا نتجاهل أن النماذج يمكن أن تستخدم أيضا لتحليل صفات جزء أو أجزاء من النظام البيئي بالرغم من أن النماذج في ذاتها أدوات تجميعية وليست تحليلية، وكثيرا ما تستخدم لإعطاء نظرة شمولية عن النظام البيئي.

إن استخدام أحد النماذج كأداة تجميعية أو توليفية لا يمكن أن يشمل على جميع خصائص وصفات النظام البيئي الحقيقي، وإذا افترضنا احتواء أحد النماذج على كافة المعلومات فهذا يعنى ببساطة أن النموذج يصبح مساويا للنظام البيئي، ومن ثم فإنه سوف يكون نموذجاً شديداً التعقيد بقدر تعقيد النظام في ذاته، ولكن النماذج المطلوبة هي أدوات تجميعية لصياغة العلاقات بين الحقائق الأساسية في المشكلة أو الموضوع تحت الدراسة.

يمكن استخدام النماذج البيئية لاختبار الفرضيات البيئية أو للحصول على معلومات جديدة عن خصائص النظام البيئي، وكل هذا سوف يساعد على إعطاء



القاعدة العلمية لصياغة ونمو نظريات النظام البيئي. يجب أن تعطى النماذج رؤى حقيقية وعميقة ومبسطة عن النظام البيئي.

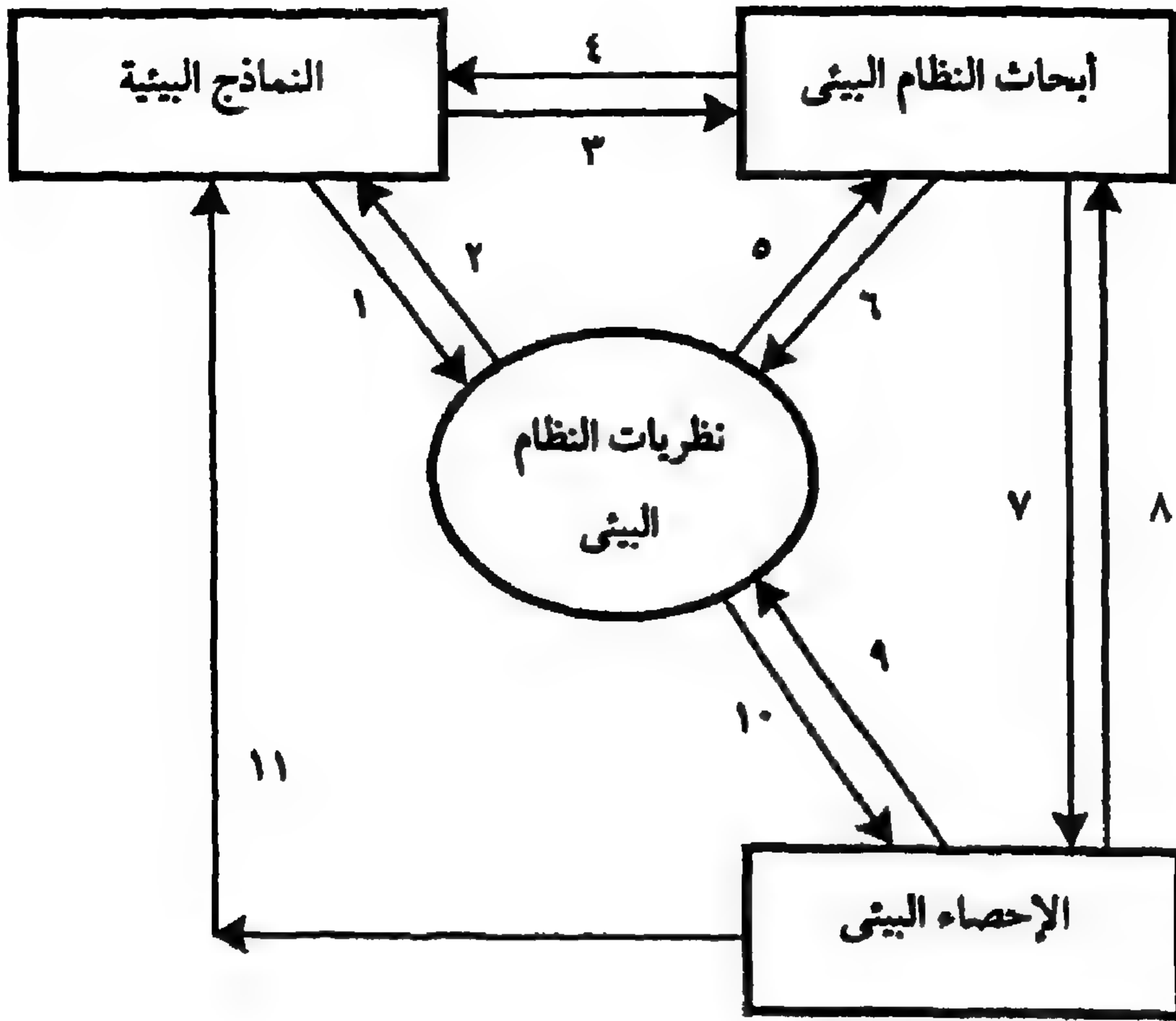
تستخدم النماذج البيئية جنبا إلى جنب مع الأدوات الأخرى المطبقة في نمو نظريات النظام البيئي، وتلك الأدوات هي الأبحاث البيئية والإحصاء البيئي حيث تعطى الأبحاث البيانات اللازمة لفهم النظام البيئي وتلك البيانات هي حجر الزاوية في إعداد النماذج، ومن ناحية أخرى فإن النماذج يمكن أن تستخدم في قياس مدى صحة البيانات المستخلصة من أبحاث النظام البيئي، أما الإحصاء البيئي فهو وسيلة لاستخلاص أكبر قدر ممكن من الحقائق أو المعلومات من بيانات أو نتائج التجارب، بالإضافة إلى إمكانية استخدام الإحصاء البيئي مباشرة في اختبار الفرضيات البيئية، ويوضح شكل (١) العلاقة بين النظرية البيئية والنماذج البيئية وبحوث البيئة والإحصاء البيئي كما أورده (Jorgensen & Muller, 2000).

٣ - تطبيق مبدأ الريبة (الشك) في فهم النظام البيئي؛

Application of Uncertainty Principle in Understanding Ecosystems:

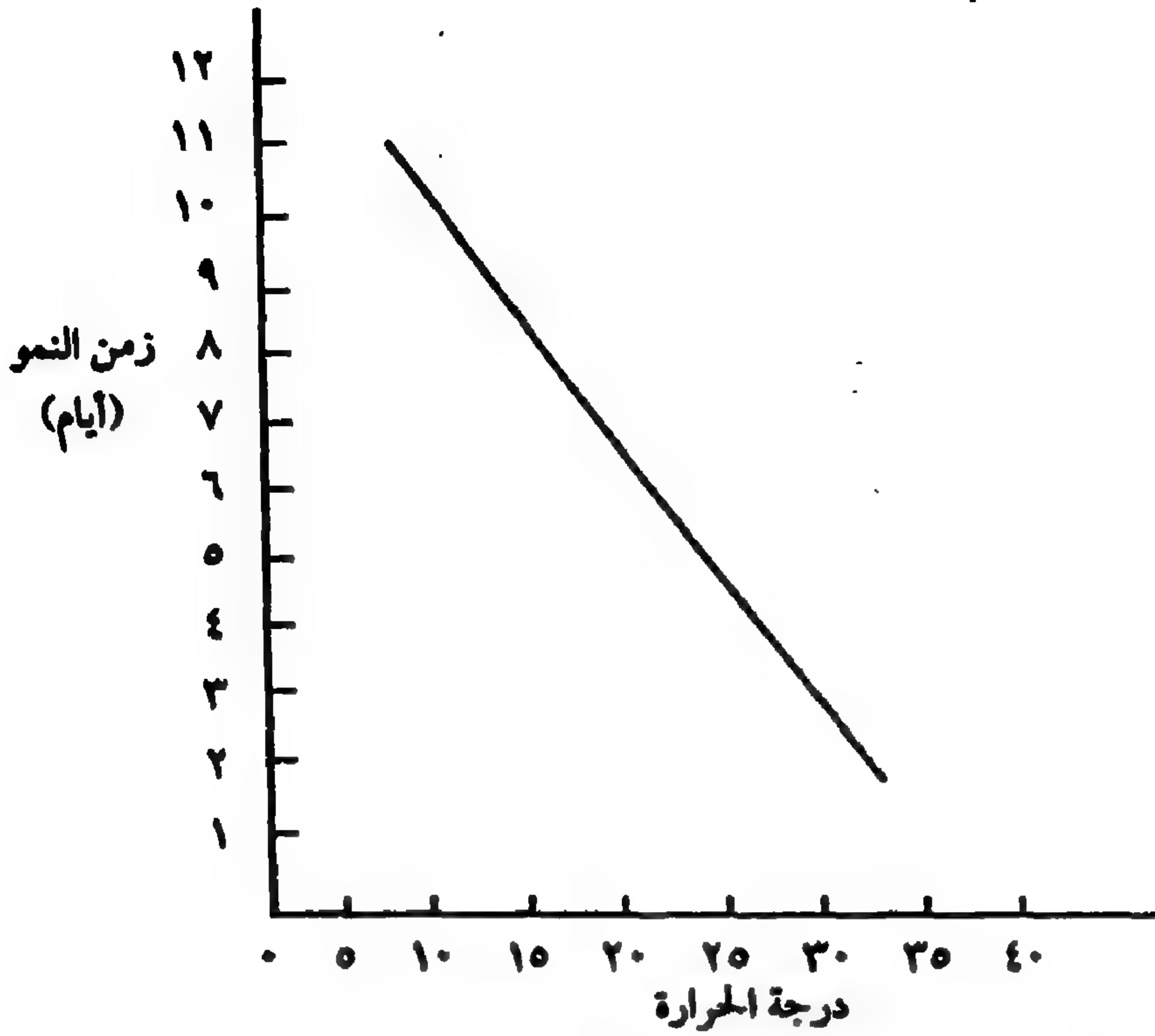
كيف يمكننا أن نصف نظاما شديد التعقيد مثل النظام البيئي بالتفصيل؟ الإجابة: إن هذا الوصف سوف يكون من المستحيل إذا أردنا أن يشتمل الوصف على جميع التفاصيل والعلاقات بين جميع مكونات النظام البيئي مثل تكيف الكائنات الحية، والتنظيم الذاتي للنظام البيئي وتطور الأنواع وغير ذلك من متغيرات وعلاقات ديناميكية، لقد تم إدخال مبدأ الريبة أو الشك Uncertainty Principle في نظريات النظام البيئي عام ١٩٨٨ (Jorgensen 1988, 1994 a,b)، وقد أدخل هذا المبدأ في علم الأنظمة البيئية نظرا لشدة تعقيد النظام البيئي، فعلى سبيل المثال، إذا أردنا قياس ما إذا كانت هناك علاقة خطية بين متغيرين فقط في النظام البيئي فإننا نحتاج على الأقل إلى ثلاث مشاهدات أو تجارب، ولإيضاح ذلك سوف نعطي هذا المثال: إذا افترضنا أن معدل نمو الجنين في أحد أنواع الحشرات يتناسب طرديا مع درجة الحرارة في البيئة فإننا نحتاج إلى ثلاث تجارب لمعرفة هل هذه العلاقة خطية أم لا كما في شكل (٢).





شكل (١) العلاقة والتفاعل بين نظريات النظام البيئي والنماذج البيئية والأبحاث البيئية والإحصاء البيئي وتشير الأسهم إلى التفاعلات كما يلي:

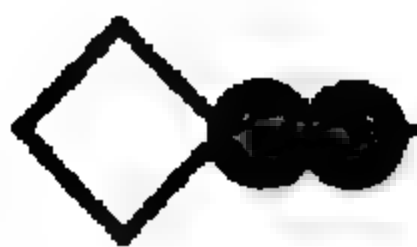
- (١) استخدام النماذج لاختبار النظريات البيئية أو لإعطاء مكونات النظرية البيئية مباشرة.
- (٢) نمو النظريات البيئية ضرورة لإعطاء النماذج صفة بيئية.
- (٣) استخدام البيانات أو نتائج التجارب لاختبار صحة النماذج البيئية.
- (٤) النماذج يمكن أن تقدمنا بأولويات البحث.
- (٥) ضرورة الإجابة عن الأسئلة التي تطرحها نظريات النظام البيئي عن طريق الأبحاث البيئية.
- (٦) تفسير نتائج أبحاث البيئة يمكن أن يؤدي إلى عناصر تستخدم في صياغة نظريات النظام البيئي.
- (٧) ضرورة معاملة نتائج أبحاث البيئة بطرق إحصائية.
- (٨) يمكن أن تؤدي نتيجة التحاليل الإحصائية إلى مزيد من الأبحاث في نفس الموضوع.
- (٩) تستخدم نتائج الإحصاء البيئي كعناصر للنظريات البيئية.
- (١٠) يمكن استخدام الإحصاء البيئي لاختبار صحة النظريات البيئية.
- (١١) تستخدم نتائج التحاليل الإحصائية في بناء النماذج البيئية.



شكل (٢) علاقة بين معدل نمو الجنين ودرجة الحرارة ويلاحظ أن العلاقة خطية ولكن لا يمكن إثبات أن هذه العلاقة خطية إلا إذا تم قياس معدل النمو في ثلاث درجات حرارة مختلفة على الأقل

والآن إذا أردنا أن نعرف العلاقة بين ثلاثة مكونات أو متغيرات فسوف نحتاج إلى $3(2)$ أو ٩ مشاهدات أو تجارب، وإذا أردنا دراسة العلاقة بين ١٨ مكونا من مكونات النظام البيئي فلننا سوف نحتاج إلى $3(17)$ وذلك ما يعادل تقريبا $10(8)$ أو مائة مليون مشاهدة أو تجربة تقريبا، وقد ذكرنا سابقا أن النظام البيئي يتكون من $10(15)$ إلى $10(20)$ من المكونات ومن ثم فإن عدد الاستنتاجات أو التجارب التي تعطى تصورا صحيحا عن جميع العلاقات بين كافة مكونات أحد الأنظمة البيئية قد يفوق قدرة العقل البشري على إدراك وتصوير عدد الاستنتاجات والتجارب والإمكانات والوقت المطلوب لذلك.

ذكرنا في الفقرة السابقة أننا نحتاج إلى مائة مليون مشاهدة لمعرفة العلاقة بين ١٨ مكونا من مكونات البيئة للنظام البيئي، والثمانية عشر مكونا تعتبر بالطبع جزءا



يسيرا جدا من أى نظام بيئى، ولكن المائة مليون مشاهدة سوف تمدنا بصورة واضحة ودقيقة عن هذا الجزء اليسير (١٨ مكونا) من النظام البيئى، ومن هنا تساءل علماء النظام البيئى (Costanza and Sklar, 1985) أيهما نختار: هل معرفة كل شىء عن لا شىء (هل تجرى مائة مليون مشاهدة لمعرفة علاقات جزء يسير من النظام البيئى - ١٨ مكونا)؟ أم نعرف لا شىء عن كل شىء (هل نعرف أكثر كم من العلاقات بأقل مشاهدات، وبالطبع فإن هذه الطريقة لن تعطى معلومات دقيقة عن كل المكونات فى النظام البيئى ولكنها قد تعطينا نظرة عامة أقل دقة وعمقا عن النظام البيئى ككل).

إن مبدأ الريبة أو الشك فى نظريات ونماذج النظام البيئى نتيجة كثرة مكونات النظام البيئى وشدة التعقيد فى علاقات تلك المكونات اضطر علماء البيئة إلى تطبيق بعض نماذج الشك أو الريبة فى ميكانيكا الكم على الأنظمة البيئية.

أ - تطبيق مبدأ الشك فى ميكانيكا الكم على الأنظمة البيئية:

Application of Quantum Mechanical Uncertainty on Ecosystems

إن صعوبة وتعقيد الأنظمة البيئية اضطر علماء البيئة إلى إدخال مبدأ الريبة أو الشك كأحد العوامل فى وصف ونمذجة النظام البيئى، وهذا بدوره دفع علماء البيئة (Jorgensen, 1988: 1994b) إلى تطبيق مبدأ الريبة أو الشك المعمول به فى علم ميكانيكا الكم. إن الشك فى التحقق من الظواهر فى ميكانيكا الكم يرجع إلى صغر حجم الجزيئات حيث إنها متناهية الصغر، أما فى الأنظمة البيئية فإن الشك أو الريبة فى صحة الاستنتاجات يرجع إلى شدة تعقيد النظام البيئى كما أسلفنا الذكر.

بناء على مبدأ الريبة أو الشك فى ميكانيكا الكم قدم، (Jorgensen and Muller, 2000) نموذجا نظريا لبيان عدد المشاهدات التى يمكن من الناحية النظرية تسجيلها على مدى تاريخ الحياة على الأرض من خلال استنتاج الزمن المتاح لكل مشاهدة، وينص هذا النموذج على ما يلى:



$$(\Delta t) (\Delta E) \geq h/2\pi \longrightarrow (1)$$

$\Delta t \longrightarrow$ الشك في تعيين الزمن

$\Delta E \longrightarrow$ الشك في تعيين الطاقة

وإذا استخدمنا جميع كم الطاقة التي استقبلتها الكرة الأرضية أثناء فترة عمرها التي تقدر بحوالى ٤,٥ بليون عام فسوف نحصل على النتيجة الآتية:

كم الطاقة = كم الطاقة لكل ثانية \times عمر الأرض بالثانية

$$(173 \times 10^{15}) \times (4.5 \times 10^9 \times 365.3 \times 24 \times 3600) = 2.5 \times 10^{34} \text{ Joule}$$

حيث:

$$137 \times 10^{15} = (W) \text{ انسياب الطاقة لأشعة الشمس}$$

$$4.5 \times 10^9 \times 365.3 \times 24 \times 3600 = \text{عمر الأرض بالثانية}$$

والآن بعد الحصول على قيمة " ΔE " يمكن التعويض عنها باستخدام نموذج (1998) Jorgensen للحصول على قيمة Δt وبالتعويض نجد أن قيمة Δt العددية هي (١٠-٦٩ ثانية)، ومن ثم فإن زمن المشاهدة الواحدة حوالى (١٠-٦٩ ثانية)، وعليه فإن عدد المشاهدات الممكنة على مدى عمر الأرض هو:

(عمر الأرض بالثانية)

زمن المشاهدة

$$\text{عدد المشاهدات الممكنة على مدى عمر الأرض} = \frac{\text{عمر الأرض بالثانية}}{\text{زمن المشاهدات لكل ثانية}}$$

وباستخدام آلة حاسبة نجد أن:

عدد المشاهدات الممكنة = حوالى ١٠^{٨٥} مشاهدة.

ويمكن للقارئ أن يتخيل مدى ضخامة الرقم (١٠^{٨٥}) بوضع خمسة وثمانين صفراً على يمين الرقم (١).



ويتضح مما سبق أنه من المستحيل أن يستطيع الإنسان الحصول على عدد كاف من المشاهدات لوصف نظام بيئي واحد بالتفصيل، وتتفق تلك النتائج مع نظرية نيلز بوهر Niels Bohr والتي تنص على أن «من المستحيل أن نضع نموذجاً أو صورة واحدة للحقيقة نظراً لأن الشك يضع حدوداً لمعارفنا» وعموماً فإن الشك في صدق تعبير النماذج البيئية عن الواقع يرجع إلى شدة تعقيد وتداخل عناصر ومكونات النظام البيئي.

يرى بعض علماء الأنظمة البيئية أن نظرية الكم يمكن أن يكون لها تطبيقات واسعة في مجال صياغة النظريات البيئية، حيث افترض البعض أن التغيرات المفاجئة والتي تشبه القفزات في صفات الأنواع أو المكونات البيولوجية للنظام البيئي تشبه التغيرات المفاجئة أو القفزات في الجزيئات النووية وذلك ما تفترضه «نظرية الكم» الفيزيائية. ويفترض البعض أن الطفرات التي أشار إليها عالم التطور المشهور دي فري De Vries عام ١٩٠٢ يمكن أن يطلق عليها «نظرية الكم البيولوجية» حيث إن الطفرات التي أشار إليها تعتبر قفزات نوعية وكمية في جزيء الجين.

إن علم البيئة بصفة عامة يضيف إلى معلوماتنا عن الطبيعة، وهو علم أساسي وضروري لاتخاذ الإجراءات البيئية وإدارة البيئة وحفظ الأنواع... إلخ (Dong, 1996).

وبالرغم من الجهود المبذولة في هذا المجال فإن علم البيئة يفتقر إلى القوانين العامة والمبادئ والفرضيات الأساسية. إن العديد من المشاهدات البيئية تنحصر في توقيت معين ومكان معين، ومن ثم فإن الفرضيات والنماذج البيئية لم تنجح في التطبيق أو التنبؤ في الكثير من الأحوال وسوف نذكر مقولتين في هذا المجال:

"Ecology is considered as more a postdictive rather than a predictive science and is regarded as a soft science" (Peters, 1992)

وهذه العبارة تعني ببساطة، أن التنبؤ بالأحداث المستقبلية في البيئة لم يصل إلى الواقعية وأن علم البيئة لا يزال علماً واهناً.

وسوف نذكر أيضاً مقولة لادويج وآخرون

"Ecology still deals with a high level of uncertainty (Ludwig et al, 1993)"



أى أن علم البيئة يخضع لمستوى عال من الرية، وقد أدى ذلك فى النهاية إلى أن علم البيئة يلاقى نجاحا محدودا فى التطبيق على مستوى إدارة البيئة (Breckling and Dong, 2000).

إن العبارات السابقة لا يمكن الاعتداد بها تماما، فهى تأملات أكثر منها واقعا. إن المعارف البيئية أدت بالفعل إلى تغير واضح فى الأنماط السلوكية للجنس البشرى، ولكن ينبغى أن نذكر، وبالرغم مما قدمه للبشرية من خدمات، إن علم البيئة لا يزال فى مرحلة تعض (تكامل الأعضاء) غير واضحة المعالم حتى الآن نظراً لتداخل هذا العلم مع العديد من العلوم الإنسانية والتجريبية.

لقد خرج علم البيئة من إطار العلوم الوصفية وتنمى ليصبح علما كليا بعد نجاح النماذج الكمية فى علم الفيزياء، ولكن الفيزياء والبيئة علمان مختلفان تماماً من حيث الموضوعات التى يدرسها كل علم منهما. ومن ثم فقد ذكر (Breckling and Dong, 2000) أنهما يعتقدان أن طبيعة الشك أو الرية تختلف فى علم الفيزياء عنها فى علم البيئة، فالرية فى علم البيئة تتعلق بظواهر حيوية أو - بيولوجية - ومن ثم فإن إزالة الشك تماما من النماذج أو النظريات البيئية بشكل تام غير ممكن ولكن يمكن تقليص الشك إلى أقصى حد ممكن، وهذا يتطلب ضرورة وجود إستراتيجيات وتقنيات لتقليص الشك فى النماذج البيئية حتى يمكن تطبيقها فى عمليات إدارة البيئة واتخاذ القرار حيث إن أحد الأهداف العامة للعلم هو خفض درجة الشك فى الحقائق التى يتم التوصل إليها.

إننا بحاجة إلى معرفة مصادر الشك وأنماط الرية التى يواجهها علم البيئة الحالى. تستخدم النماذج الرياضية كأدوات كمية فى علم البيئة، وهناك العديد من أنواع النماذج مثل النماذج التحليلية والإحصائية والتنبؤية... إلخ، وكل نوع من تلك النماذج يتتابه قدر معين من الشك أو الرية.

ب - مفهوم الشك The concept of Uncertainty

تشير الرية أو الشك إلى درجة عدم الأمان أو الرضا بخصوص بعض المعلومات أو التوقعات. إن أى موضوع أو معلومة توضع تحت مظلة الشك عندما تكون غير معروفة تماما أو غير محددة. (Prigogine and Stengers, 1984; Lemons, 1996)



إن المعنى المحدد لكلمة الريبة أو الشك يختلف تبعاً للموقف ويعتمد على موضوع الدراسة ولكن قدرة النماذج العلمية على التنبؤ وتحديد تكرار الظواهر تعد معياراً أساسياً لنجاح النموذج أو الفرضية، ويعتمد التنبؤ بالظواهر المستقبلية أو تكرار الظواهر الحالية على المعلومات السابقة والظواهر أو المشاهدات الحالية التي تم رصدها وتسجيلها.

يمكن اعتبار الظاهرة قابلة للتكرار إذا أمكن تكرارها تحت سيطرتنا، أما الحدث غير القابل للتكرار فهو حدث غير متكرر أى حدث فريد يحدث مرة واحدة، ولكن العلم لا يمكن أن يختبر صحة الفرضيات عن موضوع معين إذا حدث مرة واحدة بدون تكرار. إن مبدأ الشك ظهر كمحصلة لعدم القدرة على التنبؤ Unpredictability ببعض الظواهر وعدم تكرار Irreproducibility بعض الظواهر الأخرى، والمشكلة هي أن العلم يهدف إلى الانتظام. فالعلم في جوهره تنظيم للحقائق، والحقائق لا تبنى على مؤشرات غير موثوقة.

إن عدم الانتظام والاختلاف، وعدم التكرار وعدم القدرة على التنبؤ من الخصائص المميزة لعلوم البيئة نتيجة شدة التعقيد التي تميز الظواهر البيولوجية وأنماط العلاقة بين الكائن الحي وبيئته، ومن ثم فإنه يمكن إزالة بعض الريبة من النماذج أو الفرضيات البيئية ويمكن معرفة أو حساب البعض الآخر، ولكن في بعض الأحوال، لا يمكن «خفض» أو «حساب» درجة الريبة أو الشك في النماذج البيئية.

ج - الشك في النماذج البيئية Uncertainty in Ecological Models

تعتبر النماذج الرياضية أدوات كمية لتحليل وانتظام المعلومات البيئية ووصف النظام البيئي وتقييم العمليات البيئية وتعريف أو تحديد العلاقات والروابط بين عناصر النظام البيئي، بالإضافة إلى تفسير الظواهر ووضع الفرضيات والتنبؤ بالأحداث المستقبلية (Jorgensen, 1988; DeAngelis, 1992).

عادة ما تركز النماذج البيئية على مستوى معين من التكامل دون العديد من المتغيرات حيث تفترض ثبوتها أو عدم علاقتها بمتغيرات النموذج، حيث نجد أن



العديد من النماذج توجد علاقات بين الدوال أو المتغيرات على مستوى معين وتفترض أن المستويات الأدنى تقع تحت مسمى (ثبات العوامل الأخرى) (Every thing else constant).

إن العمل بمبدأ الرية أو الشك عند وضع النماذج البيئية يعتبر مجالا هاما، ولكن لم يحظ بالاهتمام الكافي من الباحثين حتى الآن بالرغم من أهميته (Muller, 1996; Breckling ad Dong, 2000).

ومن تطورات تطبيق فكرة ميكانيكا الكم في علم البيئة تعريف (Patten, 1982) للجزء الأول للبيئة Elementary Particle of Environmnt والذي أطلق عليه تسمية إينفيرون "Environ" وقد عرف الإينفيرون على أنه «وحدة النظام البيئي التي لها القدرة على تحويل المدخلات إلى مخرجات» "A unit which is able to tranfer an input to an output" حيث إن الإشارات الداخلة (المدخلات) تستقبل بواسطة الإينفيرون ثم تترجم وتتحول إلى إشارات تخرج من الإينفيرون (مخرجات) ويجب عدم الخلط بين مفهوم الجزء الأول للبيئة «إينفيرون» والخلية الحية، حيث إن الإينفيرون يعتبر قيمة نسبية.

سوف نعطي الآن مثالا لإيضاح أن الشك في علم البيئة لا ينتج فقط عن نقص المعلومات التفصيلية، ولكن قد ينشأ عن تغير أحد المعايير مما يؤدي إلى تغير جذري في الاستنتاج الذي يمكن الوصول إليه، ونقدم المثال من خلال دراسة (Breckling, 1992) حيث قدم نموذجا لتصوير التفاعل بين آهلات (عشائر) أحد العوائل ونوعين من المفترسات على هذا العائل والصفات التي بنى عليها هذا النموذج المجرد Abstract model هي صفات أو خصائص المفترس من حيث:

١ - القدرة على الانتشار (Disperal ability).

٢ - القدرة على الاستيطان في البيئة (Colonization ability).

٣ - قدرة السعي للحصول على العائل (Foraging ability).

وتتفاعل آهلات الأنواع الثلاثة (نوعان من المفترسات ونوع من العوائل التي تتغذى عليها تلك المفترسات) في بقع متباعدة من البيئة، حيث يمكن أن يحدث

اختفاء أو انقراض أحد الأنواع من البيئة، ويلي ذلك إعادة استيطان ذلك النوع أو بمعنى آخر وجود توازن بين الاختفاء وإعادة الاستيطان & Disappearance & Recolonization.

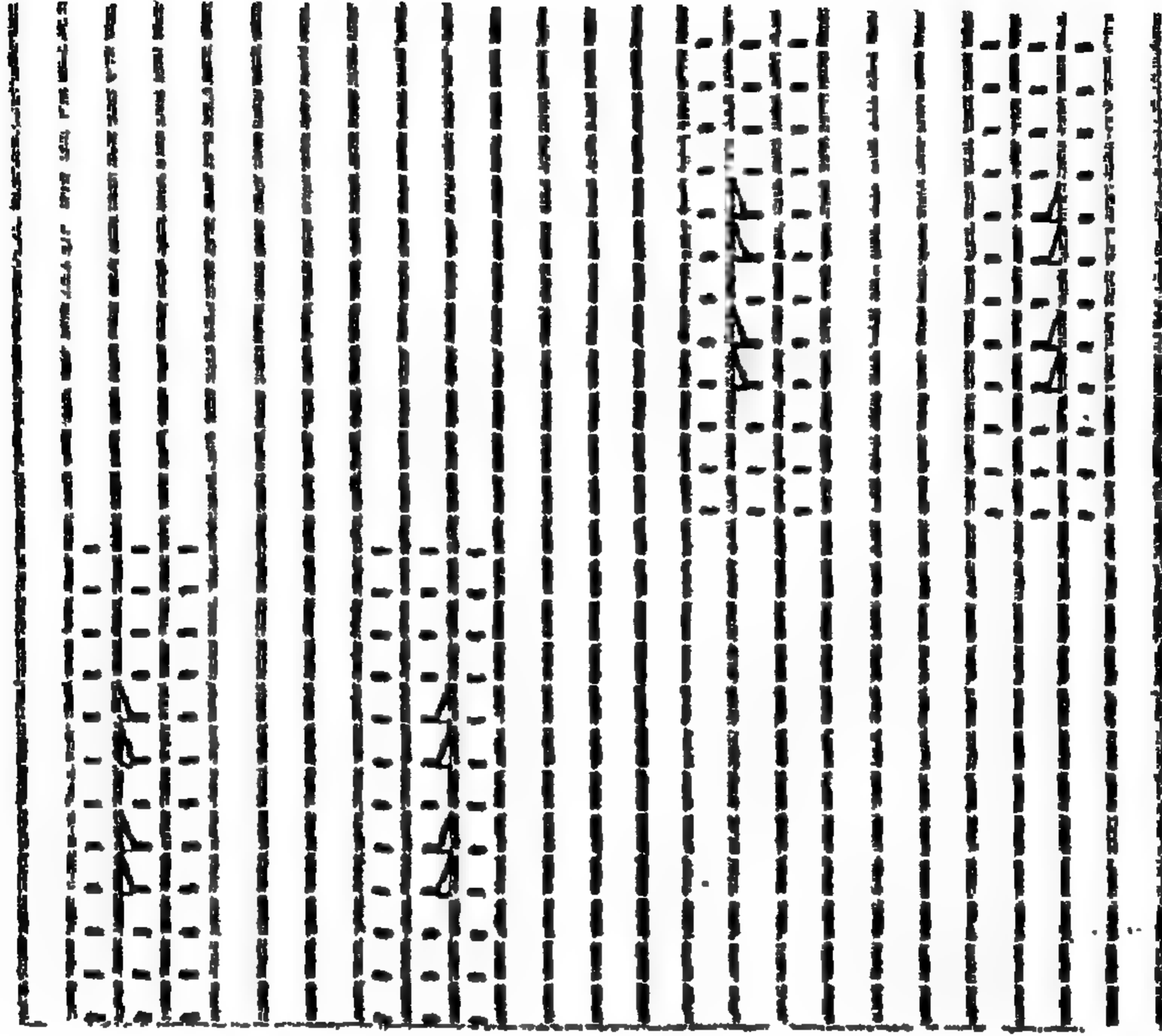
إن التداخل بين الصفات الفردية وأنماط ديناميكية الأهلات والاختفاء وإعادة الاستعمار على مستوى ما وراء الأهلات (Metapopulation level) يؤدي إلى حدوث تداخلات متعددة المستويات مثل اختلاف قدرات البحث عن العائل في كلا نوعي المفترس واستعداد كل نوع من نوعي المفترس للاستيطان أو الاستعمار في البيئة، وتوضح أشكال (3-5) بعض نتائج النموذج، وتجدر الإشارة إلى أن التركيب المكاني للبيئة (حيث إن البيئة الصالحة للاستيطان تتكون من رقع متباعدة) لا يمكن أن يعطينا استنتاجا مباشرا من خلال نماذج لوتكا - فولتيرا للتنافس (Lotka - Volterra competition of organisms) إلى المستويات العالية من التكامل (استمرار الأهلات/ العشائر).

فإذا تجاهلنا التركيب الفراغي للبيئة، فسوف نجد أن النوع الأضعف في البحث عن الفريسة سوف يتم التغلب عليه في التنافس كما هو موضح في شكل 14، ب حيث يشار إلى المفترس الأضعف في القدرة على السعي باسم مفترس رقم (2) pred. 2.

ذكرنا في الفقرة السابقة أن النموذج تجاهل التركيب الفراغي للبيئة، والآن وعلى مستوى آخر من التفاعلات حيث نضع التركيب الفراغي للبيئة في الاعتبار، وسوف نجد أن المفترس الأعلى في قدرته على البحث عن الفريسة سوف ينقرض ويستمر المفترس الأقل في القدرة البحثية، حيث إن المفترس الأكثر كفاءة سوف يقضى على أهلات العائل في وقت قصير، ويموت المفترس في النهاية ويحدث الانقراض نتيجة سرعته في القضاء على أفراد العائل أى ينقرض قبل أن يتوافر لديه الوقت لإعادة استيطان بقعة جديدة في البيئة نتيجة عدم الحصول على الغذاء (شكل 15، 5ب) وكتيجة طبيعية يتغلب المفترس الأضعف مفترس (2)، Pred. 2 على المفترس الأكثر قدرة (مفترس 1) Pred. 1 بسبب قدرة المفترس الأضعف على كسب الوقت للاستيطان في بقعة جديدة.



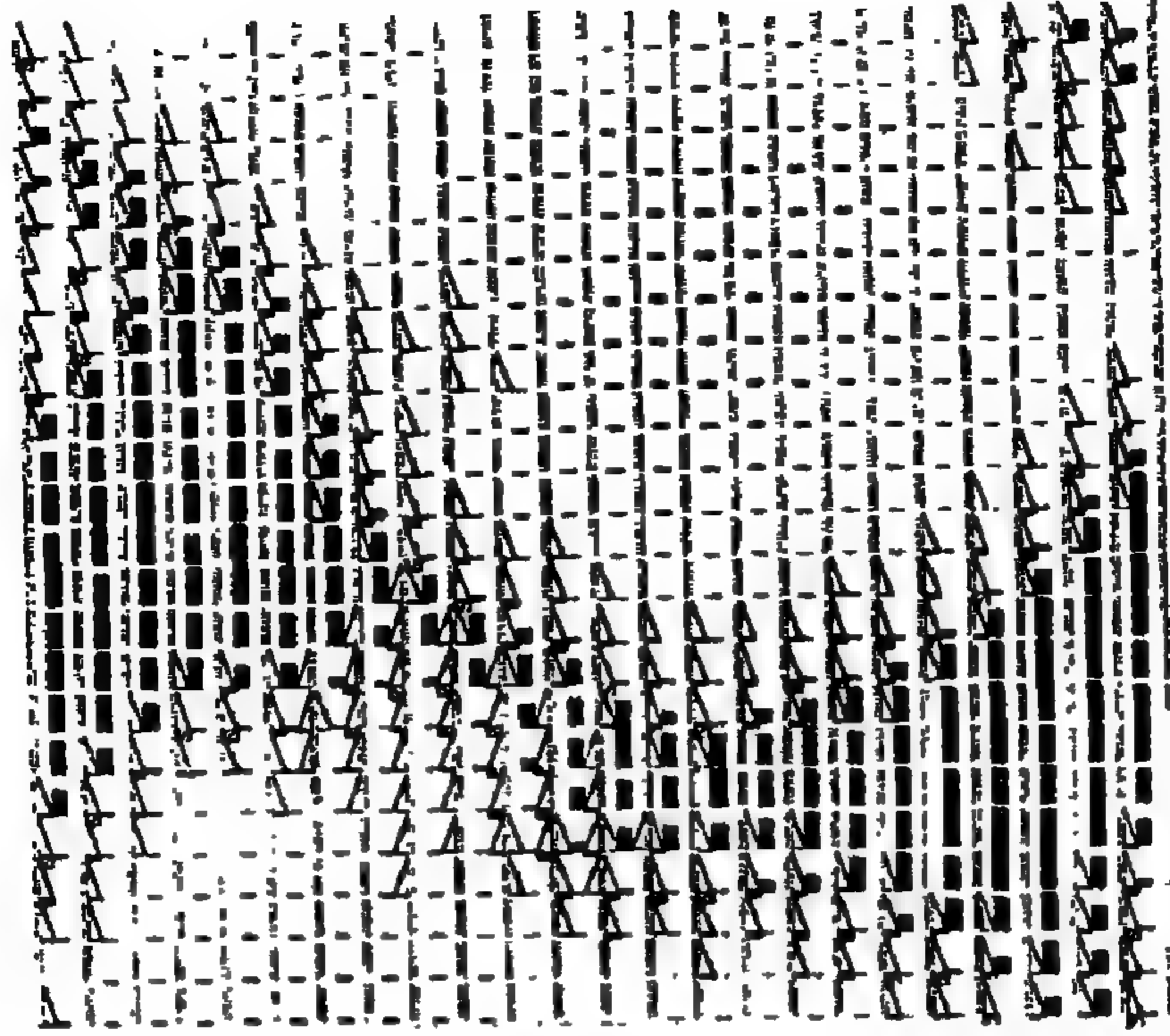
من أشكال (٣-٥) ومن المناقشة السابقة يتضح أن تغير عامل وحيد وهو قدرة أهلات العائل على الاستيطان يؤدي إلى حدوث سيناريوهات متضاربة مما يؤدي في النهاية إلى نتيجتين على طرفي نقيض إذا تم تجاهل أو تغير عامل واحد، وهو في هذه الحالة، قدرة أهلات العائل على الاستيطان (أشكال ٣-٥).



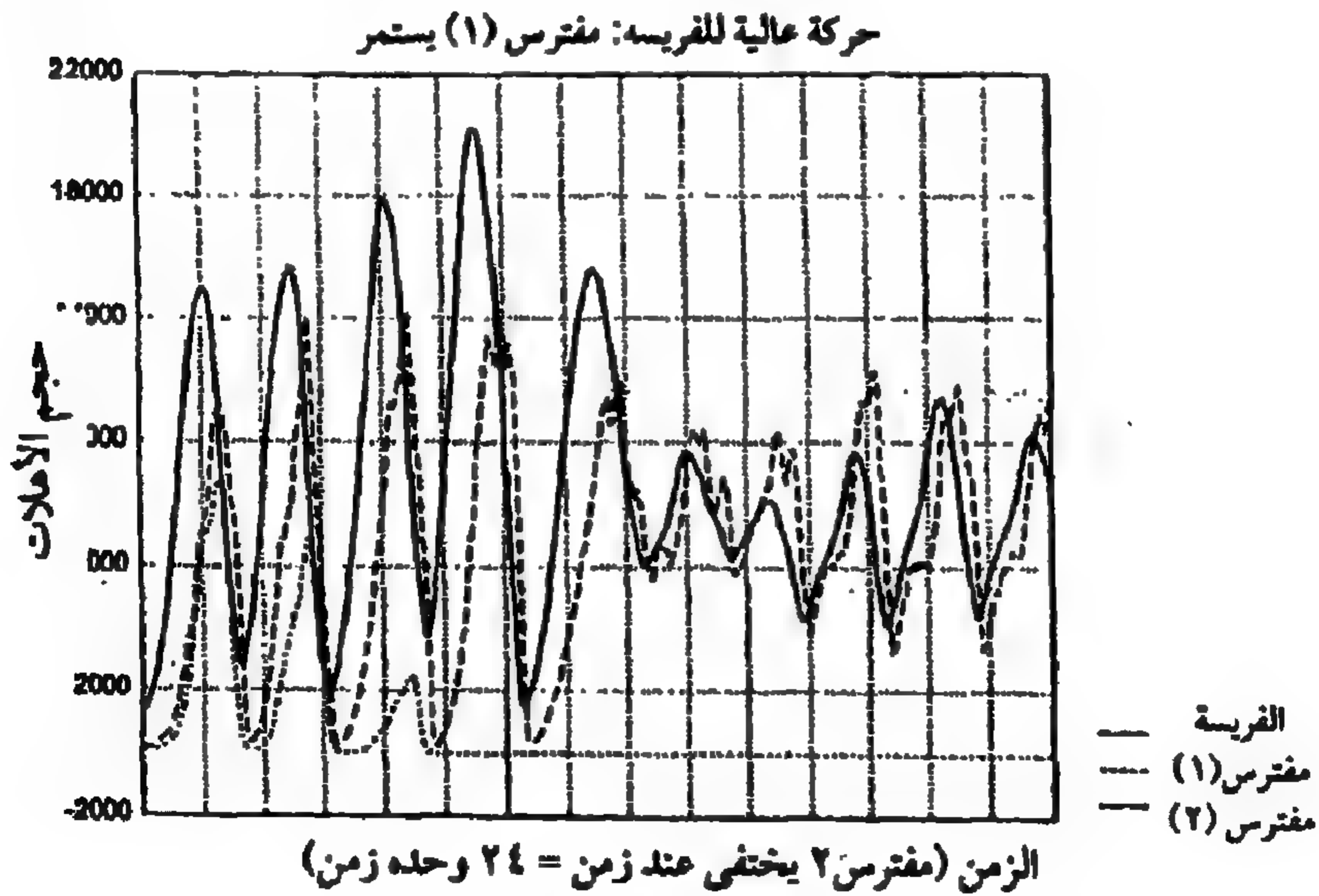
شكل (٣) الظروف الأولية للنموذج.

توضح الخطوط الأفقية الصغيرة انتشار أهلات العائل على شكل بقع في البيئة. مفترس (١) (Pred. 1) يتميز بقدرة عالية على السعي (البحث عن الفريسة) ويشار إليه بخطوط مائلة إلى اليسار. مفترس (٢) (Pred. 2) يتميز بقدرة أقل على السعي (البحث عن الفريسة) ويشار إليه بخطوط مائلة إلى اليمين. وسوف نتابع السيناريوهات المتوقعة للبقاء أو الاختفاء لكلا المفترسين مع تغير عامل واحد وهو قدرة العائل على الانتشار في شكل (٤)، (٥).



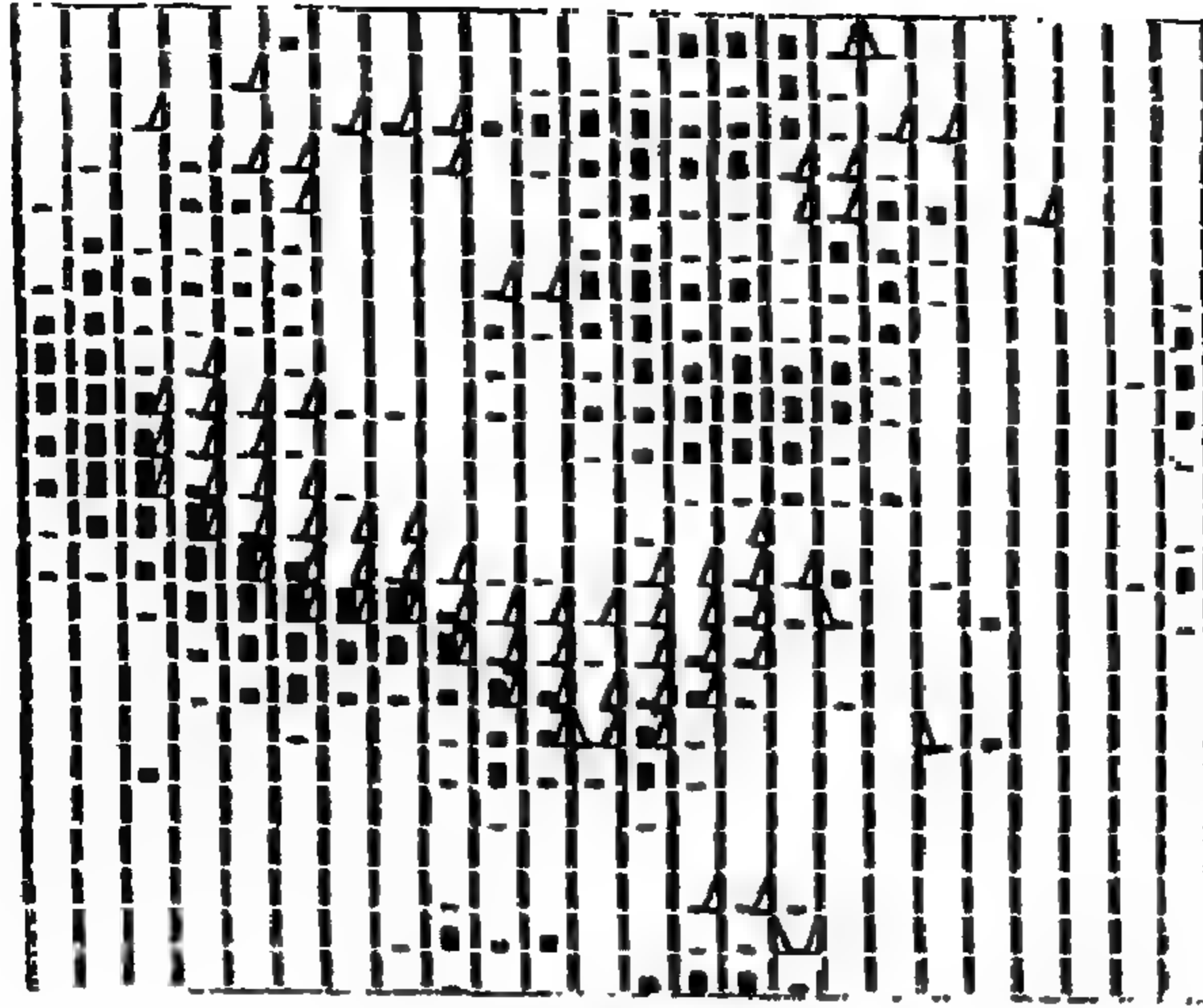


شكل (14) سيناريو في حالة معدل عال لاستيطان الفريسة بعد فترة زمنية معينة من التنافس مع ملاحظة أن مفترس (٢) (Pred. 2) له فقط نصف قدرة السعي للحصول على الفريسة (الغذاء) بالمقارنة إلى مفترس (١) (Pred.1)، سوف يتغلب المفترس الأكثر قدرة (مفترس ١) على المفترس الأقل قدرة (مفترس ٢) والذي سوف يختفى في النهاية من البيئة.

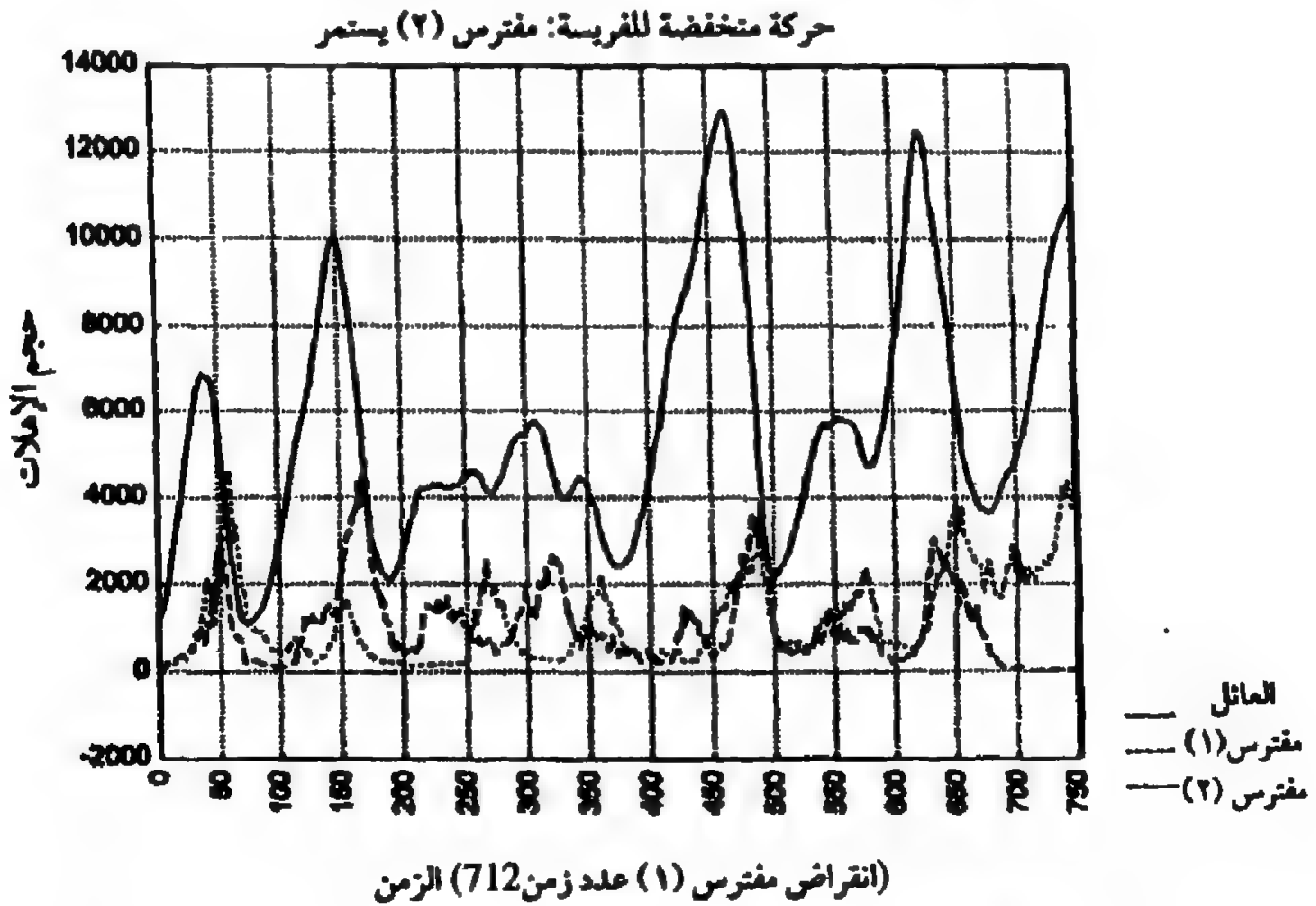


شكل (٤ب) تغير كثافة الأعداد مع الزمن ويلاحظ من الشكل أن مفترس (١) يستمر بينما يختفى مفترس (٢).

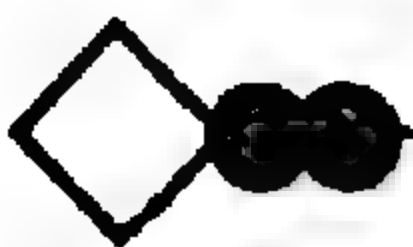




شكل (١٥) سيناريو في حالة معدل بطيء لاستيطان الفريسة (تغير مقياس وحيد في النموذج). يلاحظ أن نمط انتشار الفريسة يتغير عن الشكل السابق نتيجة بقاء معدل الاستيطان. وحيث إن كفاءة السعي للمفترس (٢) نصف كفاءة السعي للمفترس (١) فسوف نجد أن المفترس الأضعف يترك وقتا كافيا للفريسة للانتشار. أما مفترس (١) (الأكثر كفاءة) فسوف يستنزف الفريسة في وقت أقصر ولا يسمح لها بالانتشار أو إعادة الاستيطان في الأماكن التي اختفت منها. أخيرا يستمر المفترس الأضعف ويختفي الأقوى.



شكل (٥ب) تغير كثافة الأكلات مع الزمن ويلاحظ من الشكل عكس النتيجة في شكل (٤)، أي مفترس (٢) مستمر، ويختفي مفترس (١).



- Allen, T. H. F and T. B. Starr, 1982.** Hierarchy-perspectives for ecological complexity. Chicago (University of Chicago Press).
- Boyce, S. G. 1995.** Landscape Forestry, John wily & sons.
- Breckling, B., 1991.** Variabilitat, Kontext-Spezifitat und Vorhersagbarkeit imm Individuenorientierten Modell. Verhandlungen der Gesellschaft fur Okologie 20: 803-813 (Variability, context-specifity and perdictability in individual based modeling; in German).
- Breckling, B., 1992.** Uniqueness of ecosystems versus generalizability and predictability in ecology. Ecological Modeling 63 :13-27.
- Breckling, Band Dong, Q.2000.** Uncertainty in ecology and ecological modeling. In jorgensen, S.E. and Muller. F. Handbook of ecosystem theories and Management. Lewis Publishers. Baco Raton London New york Washington, D.C.
- Breckling, B. and H. Reuter, 1996.** The use of individual based models to study the interaction of different levels of organization in ecological systems. Senckenbergiana maritima 27 (3/6): 195-202.
- Boverton, R. J. H. And S. J. Holt, 1957.** On the dynamics of exploited fish populations. Ministry of agriculture. Fisheries and food (London) Fisheries investigating series 2 (19).
- Browder, J. A., P. J. Gleason, and D. R. Swift, 1994.** Periphyton in the Everglades: spatial variation, environmental correlates, and ecological implications. In: S. N. Davis and J. C. Odgen,



(Eds.). *Everglades: the ecosystem and its restoration*. Boca Raton (St. Lucie Press).

Carpenter, S. R., 1996. Microcosm experiments have limited relevance for community and ecosystem ecology. *Ecology* 77: 67-680.

Carson, R. 1962. *Silent Spring*. New York.

Costanza, R. And F. H. Sklar, 1985. Articulation, accuracy, and effectiveness of mathematical models: a review of freshwater wetland applications. *Ecological Modeling* 27: 45-69.

Crawley, M. J., 1987. What makes a community invisable? In: A. J. Gary, M. J. Crawely, and P. J. Edwards, (Eds.). *Colonization, Succession and Stabiligy*. 26th Symposium of British Ecological Society p. 429-453.

DeAngelis, D. L. And L. Gross, 1992. *Individual-Based Models and Approaches is Ecology-Populations. Communities and Ecosystems*. London, New York (Chapman and Hall).

DeAngelis, D. L., 1992. Mathematics: A bookkeeping tool or a means of deeper understanding of ecological systems. *Verhandlungen der Gesellschaft fur Okologie* 21: 9-13.

Dong, Q. And D. L. DeAngelis, 1998. Population consequences of cannibalism and competition for food in a smallmouth bass population: an individual-based modeling study. *Transactions of the American Fisheries Society* 127 (2): 173-191.

Dong, Q. And G. A. Polis, 1992. The Dynamics of Cannibalistic Populations: A Foraging Perspective. 1992. In: M. A. Elgar and B. J. Crespi, (Eds.). *The Ecology and Evolution of Cannibalism*. Oxford (Oxford University Press) p. 13-37.



Dong, Q., 1996. Current state and trend of ecological studies in the western countries. *Acta Ecologica Sinica* 16 (3): 314-324 (Chinese with English abstract).

Ekschmitt, K., B. Breckling, and Karin Mathes, 1996. Unsicherheit und Ungewissheit bei der Erfassung und Prognose von Ökosystemen. *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 25: 495-500 (Sources of uncertainty and ignorance in the record and prognosis of ecosystem development, in German).

Frank, K. T. And W. C. Leggett, 1994. Fisheries ecology in the context of ecological and evolutionary theory. *Annual Review of Ecology and Systematics* 25: 401-422.

Gardner, R. H., R. V. O'Neill, J. B. Mankin, and D. Kumar, 1980. Comparative error analysis of six predator-prey models. *Ecology* 61 (2): 323-332.

Gauch, Jr. H. G., 1993. Prediction, parsimony and noise. *American Scientist* 81: 468-478.

Haefner, J. W., 1996. Modeling biological systems, principles and applications. New York (Chapman and Hall).

Hall, C. A. S., 1988. An assessment of several of the historically most influential theoretical models used in ecology and of the data provided in their support. *Ecological Modeling* 43: 5-31.

Hall, C. A. S. And D. L. DeAngelis, 1985. Models in ecology: paradigm found or paradigm lost? *Bulletin of Ecological Society of America* 66: 339-346.



Hilborn, R. And D. Ludwig, 1993. The limits of applied ecological research. *Ecological Applications* 3(4): 550-552.

Hilborn, R. And M. Mangel, 1997. The ecological detective, confronting models with data. Princeton, New Jersey (Princeton University Press).

Huttlbert, S. H., 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs* 54: 187-221.

Jax et al. 1993. UBA-texte 47. Berlin

Jones, C. G. And J. H. Lawton (Eds.). 1995. Linking species and ecosystems. New York (Chapman and hall).

Jorgensen, S.E., 1988. Fundamentals of ecological modeling. Amsterdam (Elsevier).

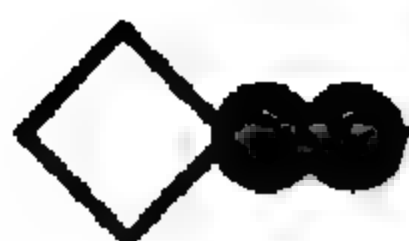
Jorgensen, S.E. 1999a. Fundamentals of ecological modeling (second edition). In: Development of ecological modeling. 19, Elsevier, Amsterdam, 628.

Jorgensen, S.E. 1994b. models as instruments for combination of ecological of ecological theory and environmental Practices. *Ecol. modeling* 75/76: 5-20.

Jorgensen, S.E. and Muller, F. 2000. Ecosystems as complex systems. In Jorgensen, S.E. and Muller, F. (eds). *Handbook of Ecosystem Theories and Managment*. Lewis Publishers. Boca Raton London New york Washington, D.C.

Klotzli, F. 1993a. Okosysteme: Aufbau, Funktionen, Storungen. Stuttgart.

Klotzli, F. 1993b. Okosysteme. In: Kuttler, W. (Hrsg.) *Handbuch zur Okologie*. Berlin. 288-295.



- Koestler, A., 1967.** *The Ghost in the Machine*. Macmillan, New York.
- Krebs, C. J., 1978.** *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance* (2nd ed.). New York, (Harper and Row).
- Lemons, J. (Ed.) 1996.** *Scientific Uncertainty and Environmental Problem Solving*. Cambridge (Mass) (Blackwell).
- Loehle, C., 1983.** Evaluation of theories and calculation tools in ecology. *Ecological Modelling* 19: 239-247.
- Lotka, A. J., 1924.** *Elements of Physical Biology*. Baltimore (Williams and Wilkins).
- Lubchenco, J., 1998.** Entering the century of the environment: a new social contract for science. *Science* 279: 491-497.
- Lubchenco, J., A. M. Olson, L. B. Brubaker, S. R. Carpenter, M. M. Holland, S. P. Hubbell, S. A. Levin, J. A. McMahon, P. A. Matson, J. M. Melillo, H. A. Mooney, C. H. Peterson, H. R. Pulliam, L. A. Real, P. J. Regal, P. G. Risser, 1991.** The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda. *Ecology* 72(2): 371-412.
- Ludwig, D. and C. J. Walters, 1985.** Are age structured models appropriate for catch-effort data? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 1066-1072.
- Ludwig, D., R. Hilborn, and C. Walters, 1993.** Uncertainty, resource exploitation, and conservation: Lessons from history. *Science* 260: 17-36 (2. Apr. 1993).



- May, R., 1974.** Biological populations with non-overlapping generations: Stable points, stable cycles, and chaos. *Science* 186:645-647.
- May, R., 1979.** Theoretical ecology, principles and applications. Cambridge (Mass.) (Blackwell).
- McCormick, P. V. and L. J. Scinto.** Influence of phosphorus loading on wetlands periphyton assemblages: a case study from the Everglades. In: K. R. Reddy, (Ed.). *Phosphorus Biogeochemistry in Florida Ecosystems*.
- McCullough, D. R., 1992** . Concepts of large herbivore population dynamics. In: D. R. McCullough and R. H. Barrett, (Ed.). *Wildlife 2001: populations*. London (Elsevier Applied Science). P. 967-984.
- Meadows, D. H., D. L. Meadows, J. Randers, and W. W. Behrens, 1972.** The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. Earth Island, London.
- Muller, F., 1996.** Emergent properties of ecosystem-consequences of self-organizing processes? *Senckenbergiana maritima* 27 (6/3): 151-168.
- Muller, F., 1997.** Hierarchical approaches to ecosystem. *Ecol. Modelling* 63: 215-242.
- O'Neill, R. V., D. L. DeAngelis, T. F. H. Allen, and J. B. Waide, 1986.** A hierarchical concept of ecosystems. *Monographs in Population Biology* 23. Princeton, NJ (Princeton University Press).



- O'Neill, R. V. and R. H. Gardner, 1979.** Sources of uncertainty in ecological models. In: B. P. Zeigler, M. S. Elizas, G. J. Klir, and H. I. Oren, (Eds.). Methodology in systems modeling and simulation. Amsterdam (North-Holland Publishing Co.). p. 447-463.
- Odum, E. P. 1969.** The strategy of ecosystem development. Science 164:262-270 .
- Odum, E. P. 1985.** Trends expected in stressed ecosystem. Bioscience 35 (7): 419-422.
- Odum, E. P. 1995.** Profile analysis and some thoughts on the development of interface area of environmental health. Ecosystem health 1(1): 41-45.
- Odum, H. T., 1983.** Systems ecology: An introduction. New York, Wiley.
- Odum, H. T. 1969.** Ecological potential, Amer. Scient. 48: 1-8.
- Pahl-Wostl, Claudia, 1995.** The dynamic nature of ecosystems- Chaos and order entwined. New York, Wiley.
- Peters, R. H., 1992.** A Critique for Ecology. Cambridge (Cambridge University Press).
- Prigogine, I., 1982.** Vom Sein zum Werden-Zeit und Komplexität in den Naturwissenschaften (3rd ed.). München (Piper).
Orig.: From being to becoming-Time and complexity in Physical sciences.



Prigogine, I. and Isabelle Stenger, 1984. Order out of Chaos, Man's new dialogue with nature. New York (Bantam).

Ribble, C. et al, 1997. Ecosystem health as a clinical rotation for senior veterinary students in Canadian veterinary schools. Canadian Veterinary Journal. (38): 485-490.

Ricker, W. E., 1954. Stock and recruitment. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 11: 559-623.

Roughgarden, J., R. M. May, and S. A. Levin (Eds.). 1989. Perspectives in Ecological Theory. Princeton, NJ (Princeton University Press).

Shepherd, J. G. and D. H. Cushing, 1990. Regulation in fish populations: myth or mirage? Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 330: 151-164.

Toffoli, T. and N. Margouls, 1987 . Cellular automata machines. Cambridge (Mass.), London (MIT Press).

Tolba, M. K., O. A. El-Koly, E. El-Hinnawi, M. W. Holdgate, D. F. McMichael, and R. E. Munn, 1992. The World Environment 1992-1992. Chapman & Hall, London.

Van Dyne, G. M. 1966. Ecosystems, Systems and Systems Ecologists. ORNL 39 3957. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. 40.

Van Dyne, G. M. 1969a. Grasslands Management Research, and Training Viewed in a Systems Context. Range Science Department, Science Series, No 3. Colorado State University, Fort Collins, Colorado 50.



- Van Dyne, G. M. (ed) 1969b.** The Ecosystem Concept in Natural Resource Management. Academic Press. New York. 383.
- Vitousek, P. M., and W. A. Reiners, 1975.** Ecosystem succession and nutrient retention: a hypothesis. *BioScience* 25: 376-381.
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco, and J. M. Melillo, 1997.** Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science*, Vol 277 (25 July 1997) 494-499.
- Waltner-Toews, D. 1996.** Ecosystem health: A framework for implementing sustainability in agriculture. *Bioscience*. 46:686-690.
- Watt, K. E. F. 1968.** Ecology and Resource Management. McGraw Hill, New York 450.
- Volterra, V., 1926.** Variations and fluctuations of the number of individuals in animal societies living together. Reprinted in: R. N. Chapman, 1931. *Animal Ecology*, New York (McGraw Hill).
- Webster, N., 1983.** Webster's New Twentieth Century Dictionary (2nd ed). New York (Simon and Schuster).
- Werner, E. E. and J. F. Gilliam, 1984.** The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Ann. Rev. Ecol. System* 15: 393-425.

* * *



الفصل الرابع

الطاقة في النظام البيئي



- ١- انسياب (سريان) الطاقة.
- ١- المستويات الغذائية وإنتاج الطاقة.
- المحلات.
- العواشب آكلات النبات واللواحم (آكلات اللحوم).
- القورات.
- ٢ - السلاسل الغذائية.
- ٣ - الشبكات الغذائية.
- ٤ - الأهرام البيئية.
- ٥ - انسياب الطاقة في المجتمعات الطبيعية.
- ٦ - الإنتاج الابتدائي.
- ٧ - دور اللافقاريات في انسياب الطاقة.
- الحفاظ على اللافقاريات من الانقراض.
- ٨ - ديناميكية انسياب الطاقة.
- ٩ - الديناميكا الحرارية ونظرية النظام البيئي
- ١٠ - رموز أودام
- ١١ - أسس دراسة حركة الطاقة في النظام البيئي
- مراجع مختارة

١ - انسياب (سريان) الطاقة، Energy Flow

حركة الطاقة في النظام البيئي تختلف عن حركة المواد الكيميائية، حيث يمكن التعبير عن حركة المواد الكيميائية من خلال «دورات» Biogeochemical Cyclings مثل دورة التروجين في الطبيعة، أما حركة الطاقة فيمكن تفسيرها من خلال قوانين الديناميكا الحرارية، والتي ينص قانونها الأول على أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث (أو تخلق من العدم)، أما القانون الثاني من الديناميكية الحرارية فينص على أن الطاقة تتقلص (تقل) عندما تتحول من صورة إلى صورة أخرى نتيجة فقد كمية من هذه الطاقة على شكل حرارة أثناء التحول من صورة إلى أخرى. وبناء على ذلك نستطيع أن نقول أنه عند مرور الغذاء من كائن حي إلى كائن حي آخر، سوف تضمحل الطاقة الموجودة في الغذاء أثناء مروره في السلسلة الغذائية من كل خطوة إلى الخطوة التي تليها حتى تشتت كل الطاقة على شكل حرارة، ومن هنا يتضح أن الطاقة تنساب في النظام البيئي في اتجاه واحد وهذا الاتجاه غير عكسي، حيث إن سريان الطاقة لا يكون على شكل دورات كما هو الحال في العناصر الكيميائية.

نبات $\xleftarrow[\text{الطاقة}]{\text{فقد في}}$ كائن نباتي $\xleftarrow[\text{الطاقة}]{\text{فقد في}}$ مفترس على الكائن النباتي $\xleftarrow[\text{الطاقة}]{\text{فقد في}}$ أنواع تحلل المفترس بعد موته أو كائنات

وحتى يقوم النظام البيئي لا بد أن تكون هناك مجموعة من الكائنات المنتجة، الكائنات المنتجة أنواع من النباتات الخضراء تستطيع أن تصنع المواد العضوية (مواد حاملة للطاقة) من مواد غير عضوية بسيطة، وتوصف تلك الأنواع بأنواع ذاتية التغذية، وتعتمد باقي الأنواع، على الأنواع ذاتية التغذية في الحصول على احتياجاتها من المواد العضوية.

أ- المستويات الغذائية وإنتاج الطاقة في الأنظمة البيئية:

Trophic Levels and Energy Production in Ecosystems

الأنواع ذاتية التغذية والإنتاج الابتدائي للطاقة:

Autotrophs and Primary Production of Energy

تحتاج جميع الكائنات الحية إلى الطاقة لاستمرار الحياة، وتختلف الكائنات الحية في طريقة حصولها على الطاقة اللازمة للبقاء والتكاثر، ويمكن تقسيم الكائنات الحية إلى أنواع ذاتية التغذية Autotrophs وأنواع غير ذاتية التغذية Heterotrophs، وتعتمد الكائنات ذاتية التغذية على نفسها في تخليق المواد العضوية اللازمة لإنتاج الطاقة، بينما تعتمد الأنواع غير ذاتية التغذية على الأنواع الأخرى في الحصول على الغذاء، حيث إنها لا تستطيع تخليق المواد العضوية اللازمة لإمدادها بالطاقة وتعتمد على مصادر أخرى للحصول على المواد العضوية.

النباتات الخضراء هي الكائنات ذاتية التغذية، فمن المعروف أن النباتات الخضراء تستطيع استغلال الطاقة الضوئية لتحويل المواد العضوية البسيطة إلى مركبات عضوية في وجود الطاقة الشمسية والكلوروفيل وثنائي أكسيد الكربون والماء.

ويمكن تقسيم الكائنات ذاتية التغذية إلى قسمين وهما: أنواع ذاتية التغذية الضوئية Photoautotrophs وتشمل على النباتات الخضراء المعروفة والطحالب المحتوية على صبغ الكلوروفيل، وهذه النباتات والطحالب تقوم بتحويل المركبات غير العضوية إلى مركبات عضوية في تفاعل البناء الضوئي الذي يحتاج إلى طاقة الشمس الضوئية وصبغ الكلوروفيل لكي يتم، كما تقوم أنواع البكتيريا مثل بكتيريا الكبريت الخضراء Green sulphur Bacteria بعملية البناء الضوئي.

أما القسم الثاني من الكائنات ذاتية التغذية فيشتمل على الأنواع ذاتية التغذية الكيميائية Chemoautotrophs وتستطيع الأنواع ذاتية التغذية الكيميائية الحصول على الطاقة من أكسدة المواد غير العضوية في غياب الطاقة الضوئية فيما يعرف بعملية البناء الكيميائي Chemosynthesis والتي تقابل عملية البناء الضوئي

Photosynthesis فى الأنواع ذاتية التغذية الضوئية، ولبعض الأنواع ذاتية التغذية الكيميائية أهمية فى دورة التتروجين فى الطبيعة، بالإضافة إلى أن الكائنات ذاتية التغذية الكيميائية هى المنتج الرئيسى للطاقة الذى تعتمد عليه صور الحياة المختلفة فى أعماق البحار والمحيطات فى المناطق التى لا يصلها ضوء الشمس.

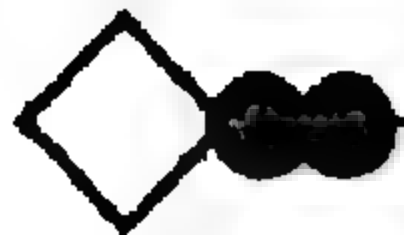
٨ وتحول الكائنات ذاتية التغذية ثنائى أكسيد الكربون والماء إلى جزيئات عضوية كبيرة الحجم وبالطبع يؤدى هذا إلى نمو النبات. وتقاس كمية المواد العضوية الكلية التى صنعها النبات والمعروفة بـ «الإنتاج الكلى الابتدائى» Gross Primary Production بمعدل إنتاج الوزن الجاف من الجسم النباتى لكل وحدة مساحة فى وحدة الزمن، ولكن جزءا من المادة النباتية الذى تم إنتاجه يتحول إلى ماء وثانى أكسيد الكربون أثناء عملية التنفس فى النبات؛ ولذا فالزيادة النهائية فى وزن النبات تعرف بـ «الإنتاج الصافى الابتدائى» Net Primary Production ويمكن إيضاح ذلك من العلاقة الآتية:

الإنتاج الصافى الابتدائى = الإنتاج الكلى - الفقد نتيجة التنفس.

وتختلف المجتمعات فى الإنتاج الابتدائى (جدول ١)، ويرجع هذا الاختلاف إلى عدة عوامل مثل توافر الماء والعناصر الغذائية فى التربة وشدة الإضاءة ودرجات الحرارة وغيرها.

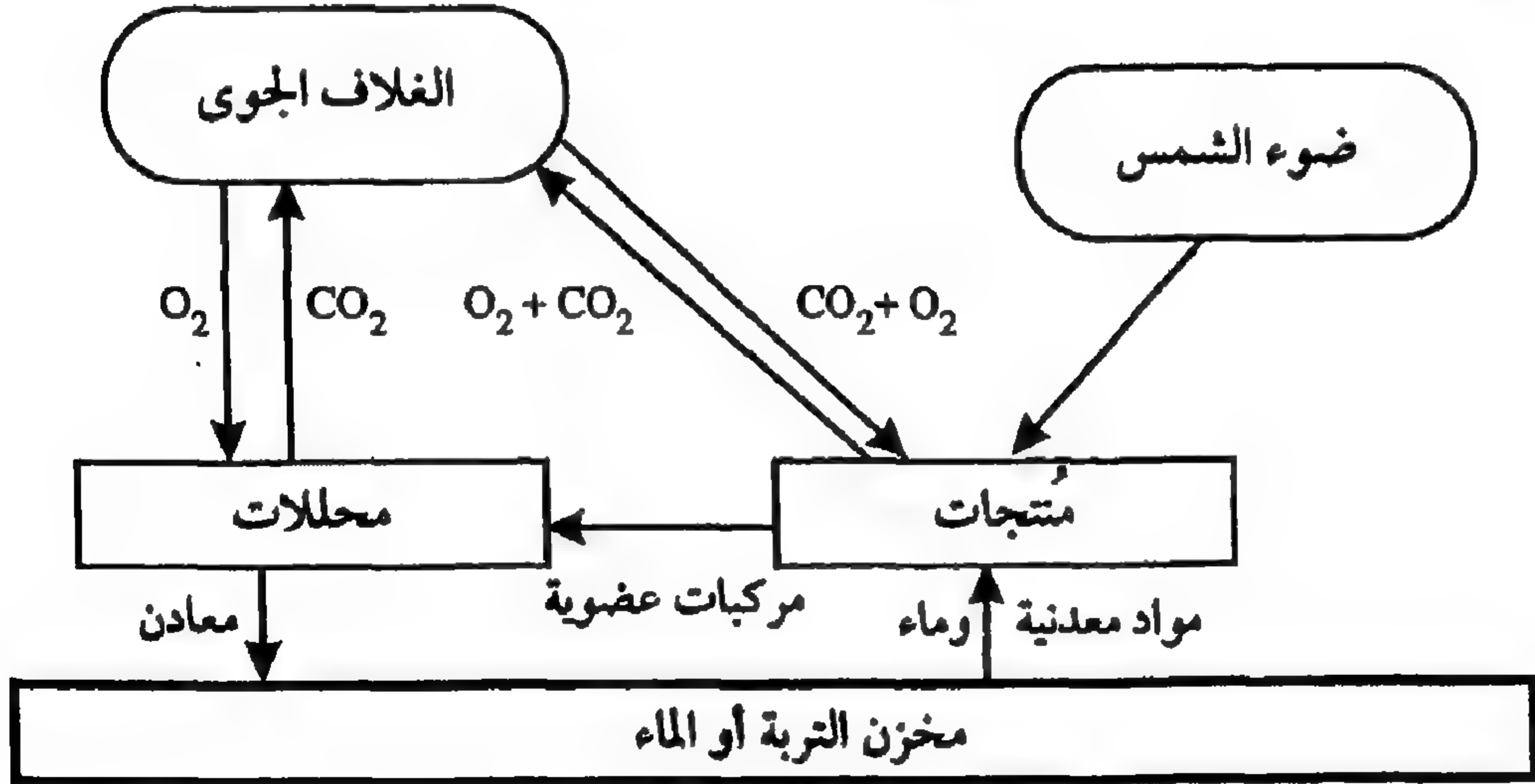
المحللات (الكائنات Decomposers)

الكائنات تلى المنتجات الرئيسية فى الأهمية. فبدون المنتجات الرئيسية أو الكائنات ذاتية التغذية (النباتات التى تقوم بعملية البناء الضوئى وبعض الكائنات الدقيقة التى تقوم بعملية البناء الكيميائى) لن تكون هناك حياة، فلن تكون هناك أنواع متغذية على النبات (عواشب) Herbivores أو أنواع مفترسة تتغذى على الأنواع المتغذية على النبات. أما الكائنات أو المحللات فبدونها سوف تتراكم بقايا الكائنات الحية وسوف تختفى العناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات مثل الفوسفات والنترات وغيرها، ويوضح شكل (١) أن المنتجات الرئيسية والمحللات هما العنصران الأساسيان لبقاء أى مجتمع من الكائنات الحية.



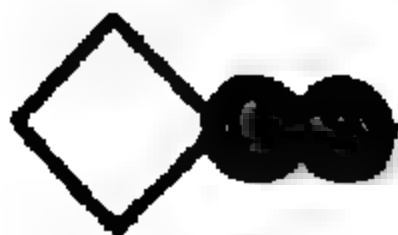
جدول (١): الإنتاج الصافي الابتدائي في مجتمعات برية مختلفة معبرا عنه بتراكم المواد العضوية الجافة / لكل متر مربع سنويا عن (Whittaker, 1975)

نوع المجتمع	المساحة ١٠ ^٦ كيلو متر مربع	الإنتاج الصافي الابتدائي ١٠ ^٩ طن مواد نباتية جافة سنويا
غابات معتدلة	١٢	١٥
غابات استوائية	٢٥	٥٠
سافانا	١٥	١٤
غابات أشجار وشجيرات	٩	٦
أراضي زراعية	١٤	٩
مراعى معتدلة	٩	٥
صحراء / مناطق شبه صحراوية	٤٢	٢



شكل (١)

اعتماد بقاء المجتمعات الحية على المنتجات (Producers) والمحللات أو الكائنات (Decomposers) تقوم بتحليل المركبات العضوية (Organic) للمنتجات وتمد التربة بالمواد والمركبات غير العضوية (Minerals) التي تستخدمها المنتجات في وجود ضوء الشمس (Sun) وثاني أكسيد الكربون (CO₂) لإنتاج المواد العضوية. كما تعمل المحللات على تصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي (Atmosphere) وهذا الغاز ضروري لإتمام عملية البناء الضوئي.



العواشب آكلات النبات واللواحم (آكلات اللحوم):

Herbivores and Carnivores

بالرغم من سهولة التمييز بين العواشب Herbivores وآكلات اللحوم Carnivores إلا أن بعض علماء البيئة يرى أن كل المتغذيات على النبات والحيوان يمكن اعتباره متطفلا أو مفترسا، فالعواشب يمكن أن تكون مفترسة إذا كانت أكبر حجما من العائل النباتي، وكانت التغذية على النبات قد تؤدي إلى موت النبات أو استهلاك النبات أو أجزاء كبيرة منه. وتكون العواشب طفيليات أو متطفلات إذا اغتذت على النبات لفترات طويلة بدون أن تسبب الموت الفوري للنبات، وبهذا التعريف يمكن اعتبار أكثر الثدييات العشبية مفترسات نباتية وأكثر أنواع الحشرات المتغذية على النبات طفيليات نباتية، نظرا لأن الثدييات تلتهم الأعشاب وتقضي عليها في الحال، أما الحشرات فتتغذى على النبات لفترات طويلة بدون أن تسبب الموت الفوري للعائل النباتي.

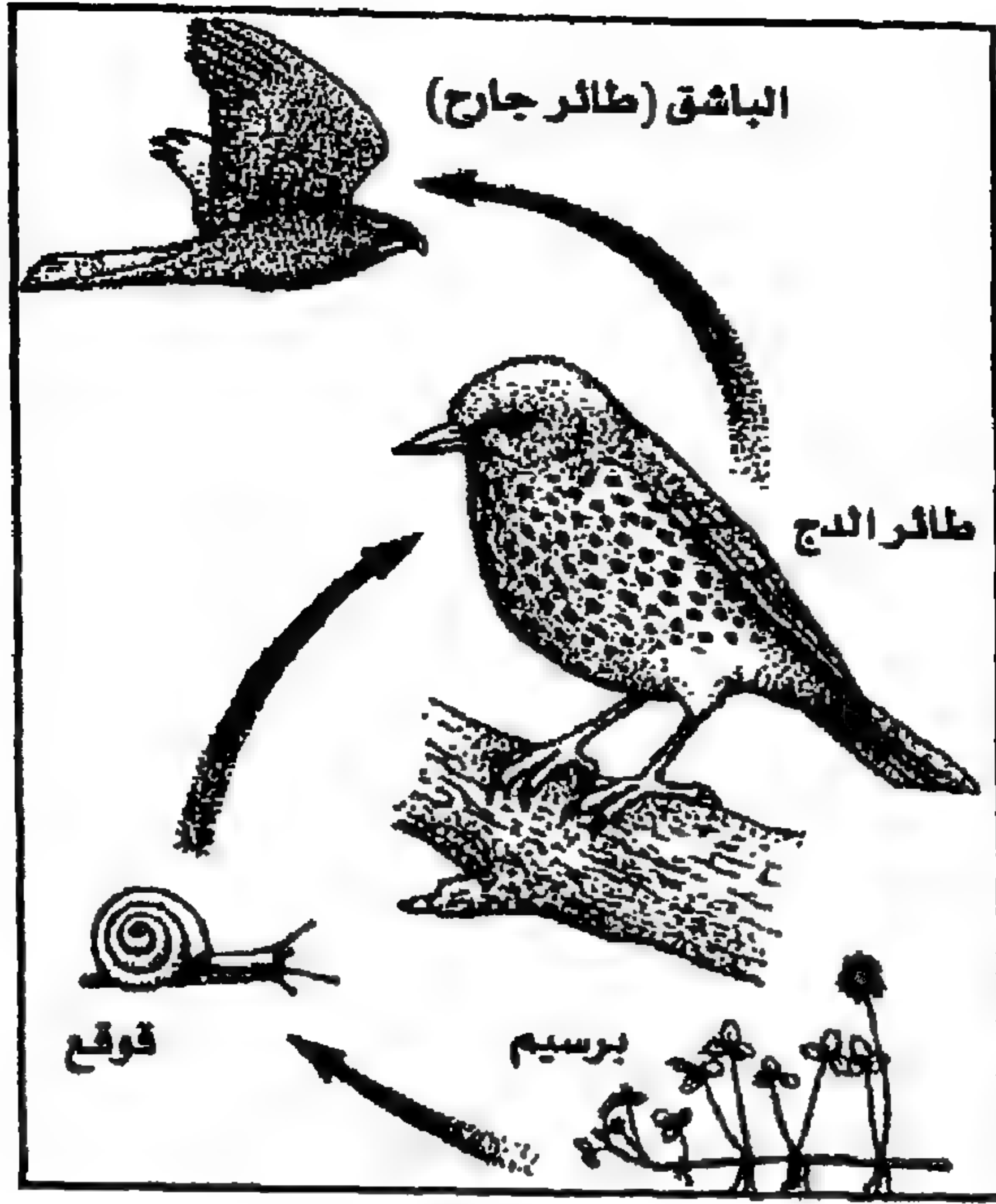
القورات Omnivores:

القورات كائنات حية تتغذى على النبات والحيوان؛ ولذا فالقورات متغذيات عامة Generalists وليست متخصصة Specialists ويعتبر الصرصور الأمريكي وأنواع النمل المختلفة والإنسان من أمثلة القورات.

٢ - السلاسل الغذائية Food Chains:

السلاسل الغذائية Food Chains هي محاولة لتحديد مصير الكائن الحي في النظام البيئي. وعلى سبيل المثال تظهر سلسلة غذائية بسيطة في شكل (٢) حيث يتغذى أحد أنواع القواقع Snail على نبات البرسيم ويفترس أحد أنواع الطيور القوقع وأخيرا يلتهم أحد أنواع الصقور Sparrowhawk الطير الذي تغذى على القوقع. ويلاحظ في الشكل أن المنتجات (النبات) توضح أسفل السلسلة الغذائية وتشير الأسهم إلى المستويات الغذائية المتعاقبة.





شكل (٢)

سلسلة غذائية توضح اتجاه انتقال الغذاء من المنتجات إلى المستوى الغذائي التالي

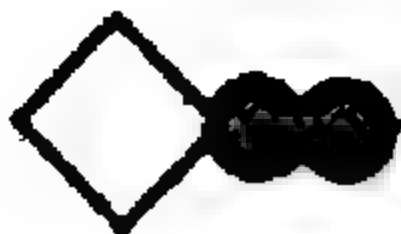
ويوضح شكل (٣) سلسلة غذائية بسيطة حيث النبات أو الكائنات المنتجة (producers) في بداية السلسلة الغذائية؛ لأن النبات يستطيع تخليق المركبات العضوية التي تبني أنسجته من مركبات بسيطة في عملية البناء الضوئي، ويلى النبات باقى الأنواع التي لا تعتمد على نفسها فى الحصول على الغذاء كما تشير الأسهم فى الشكل وهذه الأنواع هى:

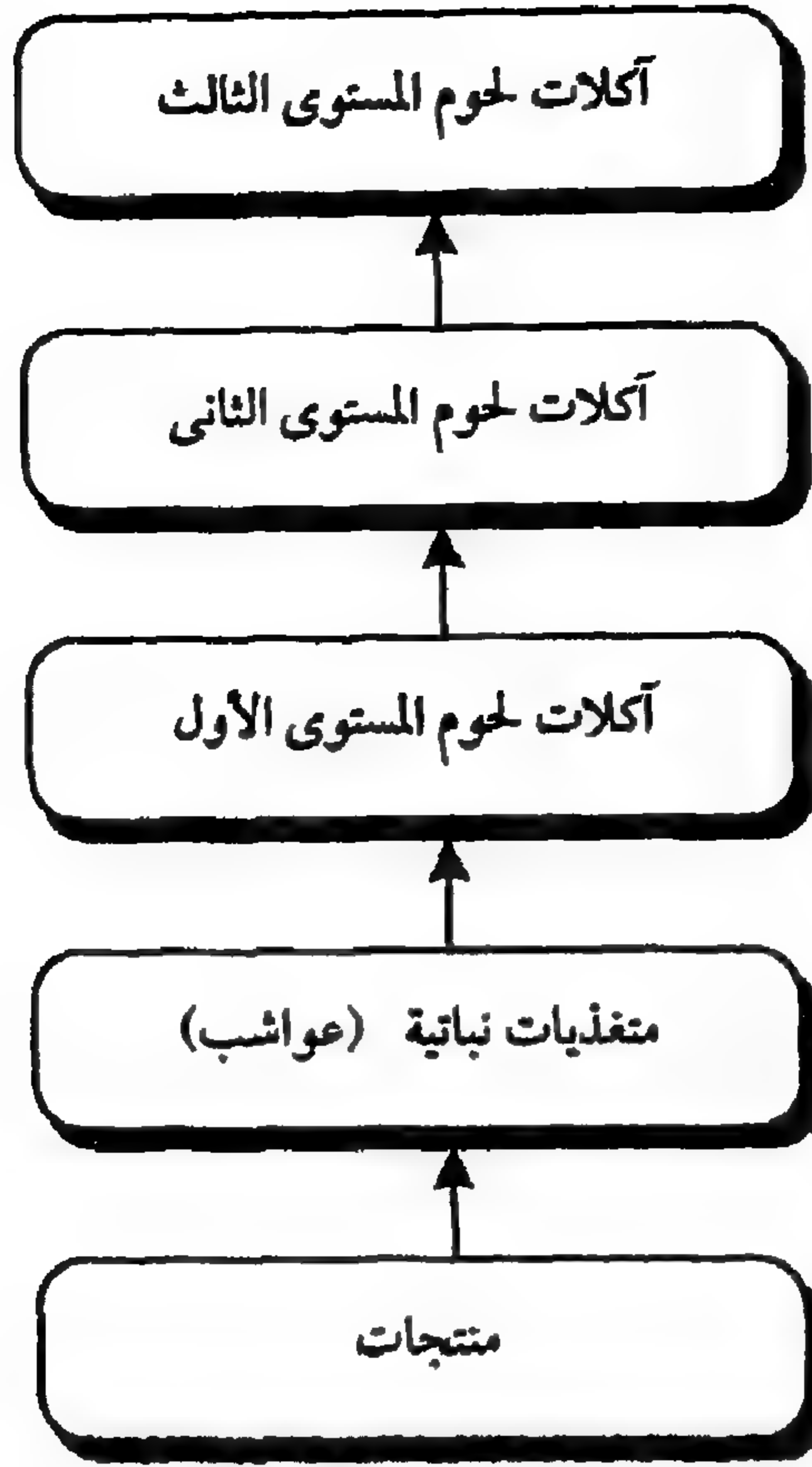
* العواشب (أنواع متغذية على النبات) Herbivores ويطلق عليها لفظ مستهلكات ابتدائية ويلى ذلك:

* آكلات لحوم المستوى الأول 1st-Level Carnivores والتي يطلق عليها مستهلكات ثانوية Secondary Consumers ويلى ذلك:

* آكلات لحوم المستوى الثانى 2nd-Level Carnivores ثم يلي ذلك:

* آكلات لحوم المستوى الثالث 3rd Level Carnivores





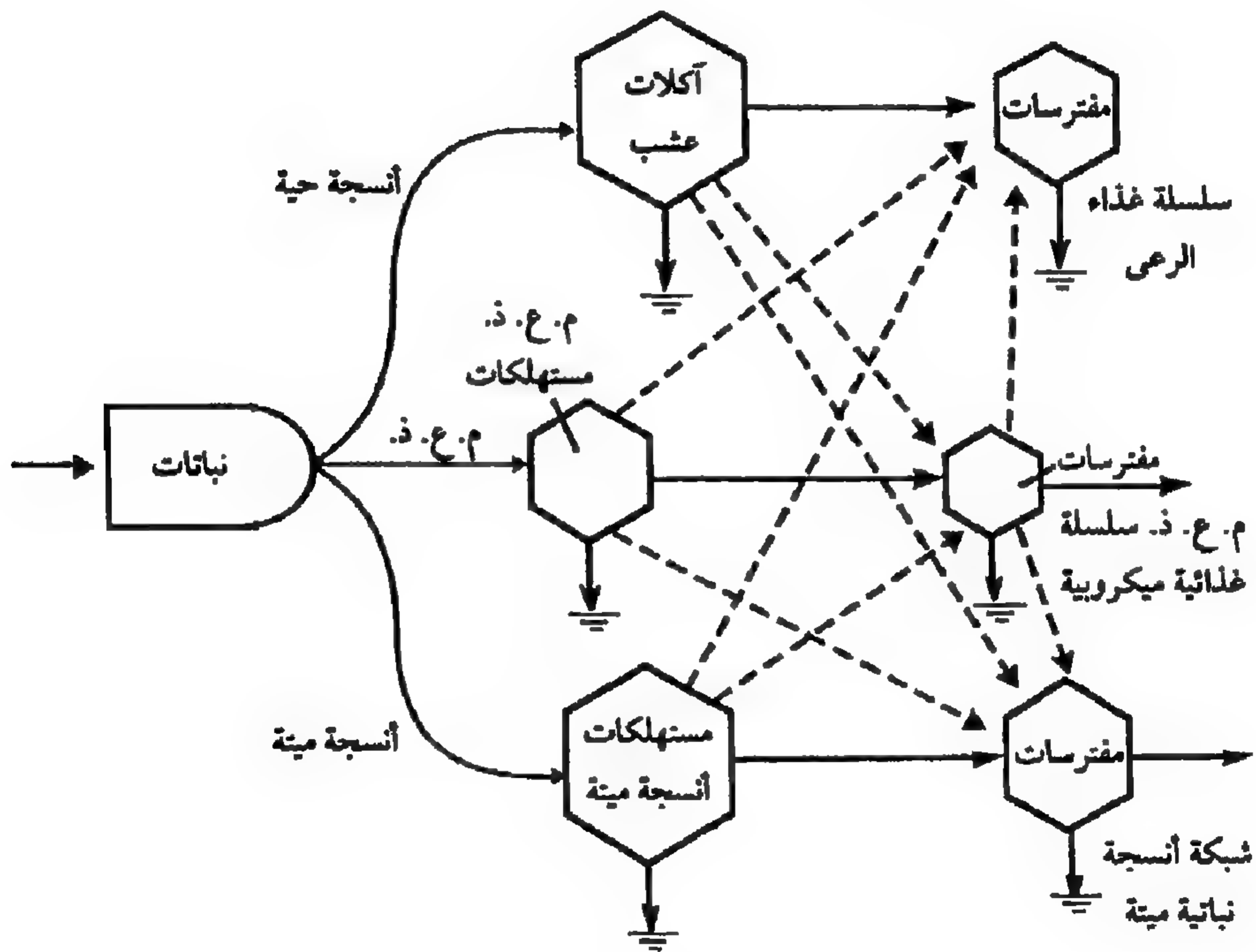
شكل (٣)
سلسلة غذائية بسيطة

وكثيرا ما يكون هناك أكثر من خمسة مستويات غذائية فى السلسلة الغذائية بإضافة مجموعات الطفيليات التى تمثل واحدا من مستويات الاستهلاك، وتتجمع السلاسل الغذائية فى النظام البيئى الواحد فى شبكة تحدد اتجاه حركة الغذاء والطاقة وتعرف بالشبكة الغذائية.

٣ - الشبكات الغذائية Food Webs:

الشبكة الغذائية Food Webs هى مجموعة من السلاسل الغذائية لتوضح اتجاه حركة الغذاء (أو الطاقة) فى النظام البيئى. ويوضح شكل (٤ أ) نموذجاً عاماً للشبكات الغذائية، أما شكل (٤ ب) فيوضح إحدى هذه الشبكات الغذائية، حيث

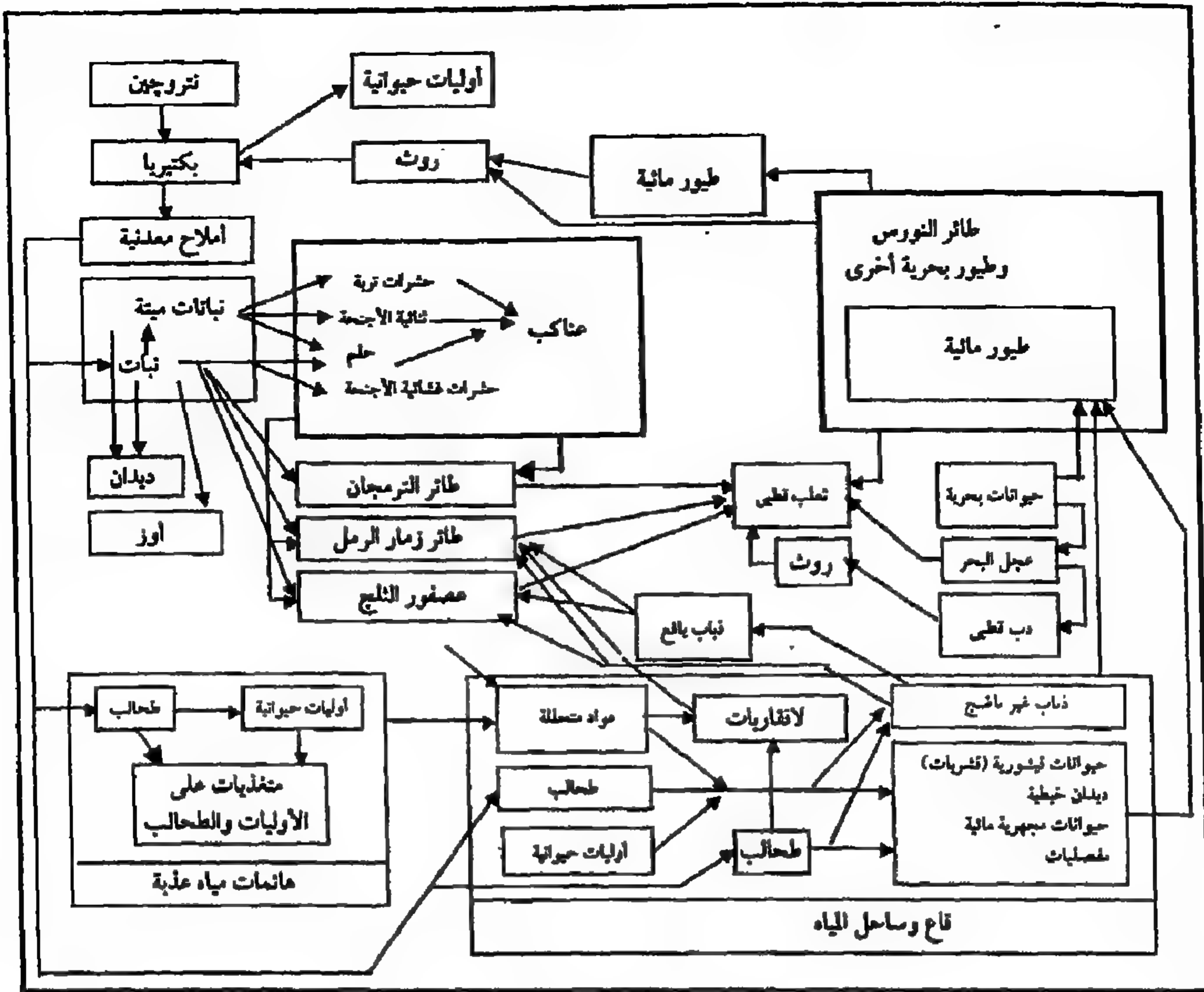
يمكن تتبع اتجاه الغذاء بسهولة، وعلى سبيل المثال إذا نظرنا على يسار الشكل (شكل ٤ب) نجد أن النتروجين Nitrogen يستخدم بواسطة البكتيريا Bacteria التي تعطى أملاحا معدنية Mineral Salts وتستخدم تلك الأملاح بواسطة النباتات Plants والطحالب Algae ثم تتغذى الديدان Worms والأوز Gees وغيرها من الحيوانات مثل طائر الترمجان Ptarmigan على تلك النباتات، ويتغذى الذئب القطبي Arctic Fox على الحيوانات التي اغتذت على النبات الحي. أما النباتات الميتة فسوف تستهلك بواسطة بعض الحشرات Diptera-Collembola والحلم Mites، وتقوم العناكب بافتراس الحشرات والحلم... وهكذا يمكن تتبع مصير أى كائن حى فى النظام البيئى من خلال الشبكة الغذائية.



شكل (١٤)

نموذج عام للشبكات الغذائية يعتمد على ثلاثة مصادر نباتية:
 م.ع.ذ. (مواد عضوية مذابة)، أنسجة ميتة. ويلاحظ من
 الشكل وجود ثلاث مسارات رئيسية للطاقة (أنسجة حية،
 أنسجة ميتة، م.ع.ذ.) (عن Odum, 1997)





شكل (٤ ب)

شبكة غذائية في إحدى المناطق القطبية عن (Elton, 1927)

٤ - الأهرام البيئية Ecological Pyramids

أهرام الأعداد Pyramids of Numbers

عند فحص نظام بيئي في بحيرة أو مستنقع يمكن ملاحظة أن أعداد الأنواع وحيدة الخلية يصل إلى ملايين ونجد أن برغوث الماء، الذي يلى الأنواع وحيدة الخلية في السلسلة الغذائية، يصل تعداده إلى مئات الآلاف، بينما نجد أن أعداد الخنافس المائية التي تتغذى على برغوث الماء أقل، ثم نجد الأسماك والتي تقع في قمة السلسلة الغذائية أقل تعدادا من الخنافس المائية.

والخلاصة أن الأنواع التي تقع في قاعدة السلسلة الغذائية تكون الأكثر في عدد الأفراد، ويقل العدد تدريجياً مع السلسلة الغذائية حتى يصل عدد الأفراد إلى أقل تعداد في الأنواع التي توجد في قمة السلسلة الغذائية (Chapman And Reiss, 1995) (شكل ٥). ويجب ملاحظة أن الأنواع العاشبة هي الأنواع التي تتغذى على النبات، أما آكلات اللحوم في المستوى الأول والثاني والثالث فيقصد بها كل أشكال الافتراس بما في ذلك افتراس الأنواع المفترسة والتطفل وفرط التطفل (التطفل على الأنواع المتطفلة).

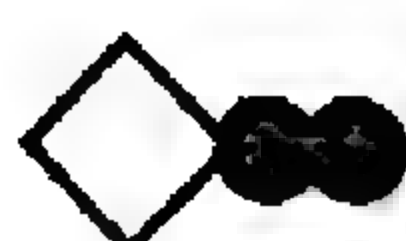


شكل (٥)

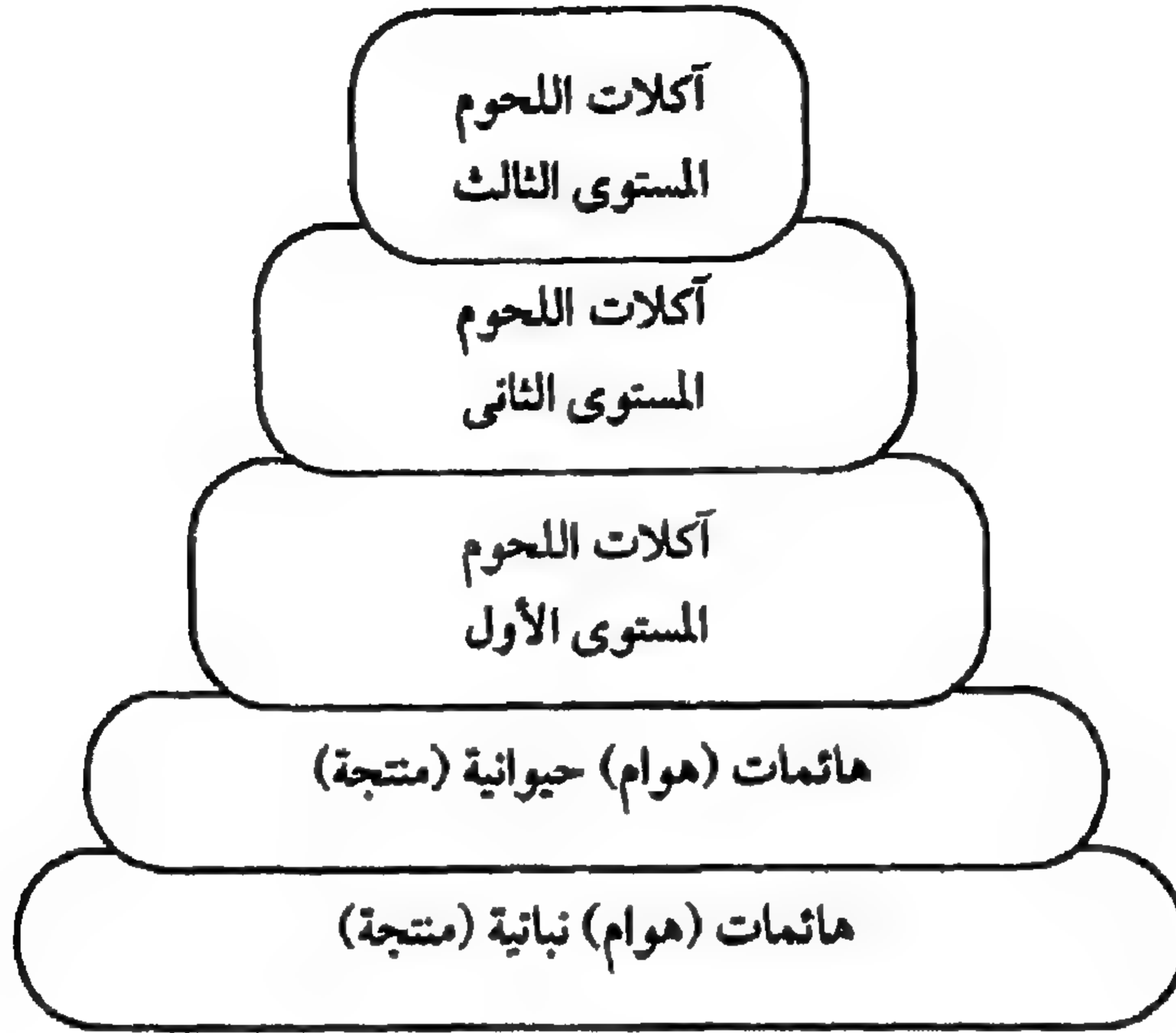
هرم الأعداد في السلسلة الغذائية مع حذف الأنواع المنتجة (النباتات التي تقوم بالبناء الضوئي)

أهرام الكتلة الحيوية Pyramids of Biomass

عند وضع أعداد الكائنات المنتجة (النباتات) في أهرام الأعداد Pyramids of Numbers فسوف يؤدي ذلك إلى ظهور (هرم مقلوب)؛ لأن الشجرة أو الشجيرة الواحدة يعتمد عليها المئات أو الآلاف من الأفراد، وعلى سبيل المثال يمكن أن تتغذى الآلاف من الحشرات الصغيرة على شجرة واحدة، ومن هنا نشأت فكرة أهرام الكتلة الحيوية Pyramids of Biomass والتي تعتمد في بنائها على وزن المجموعات المختلفة من عناصر السلسلة الغذائية، وفي هذه الحالة سوف نجد أن



الهرم «غير مقلوب» نظرا لأن أوزان الأنواع المنتجة أكبر من وزن الأنواع المتغذية عليها، كما أن وزن آكلات اللحوم في المستوى الثانى أقل من آكلات اللحوم في المستوى الأول... وهكذا (شكل ٦).



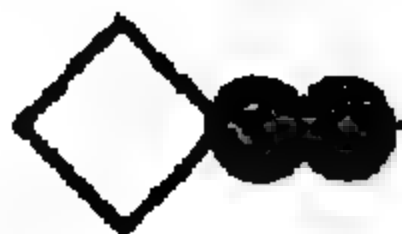
شكل (٦)
الكتلة الحيوية (متوسط وزن الأنواع الحية)

أهرام الطاقة Pyramids of Energy

يستعمل هذا النوع من الأهرام البيئية لوصف العلاقات الغذائية فى الأنظمة البيئية المختلفة، ويعتبر هرم الطاقة Pyramids of Energy أبسط أشكال التعبير عن سريان أو انسياب الطاقة فى النظام البيئى (وسوف يعالج هذا الموضوع بشئ من التفصيل فى الجزء القادم من هذا الفصل). والوحدة فى بناء هرم الطاقة هى: كم الطاقة / وحدة المساحة / وحدة الزمن.

مثال: كيلو كالورى / فدان / سنويا.

وتظهر أهرام الطاقة معدلات انسياب (سريان) الطاقة بين المستويات الغذائية المتتابعة، ولا يمكن أن تنعكس أهرام الطاقة لأنها تتبع القانون الأول من الديناميكا



الحرارية والذي ينص على أن الطاقة لا تفنى ولا تخلق من عدم (لاحظ أن هرم الأعداد يمكن أن ينقلب إذا وضعنا الكائنات المنتجة - النباتات - في وضعها الطبيعي) ويوضح شكل (٧) هرما للطاقة يعتمد على أشجار البلوط في إكسفورد (Varley, 1970)، ويلاحظ في الشكل أن إنتاج المستوى الأول من أكلات اللحوم أعلى من إنتاج الأنواع النباتية، وبالطبع فإن هذا لا يحدث في الواقع ولكن السبب الحقيقي يرجع إلى عدم إمكانية قياس كم الطاقة المنتج من الأنواع العشبية (Chapman and Reiss, 1995):

٥ - انسياب الطاقة في المجتمعات الطبيعية:

Energy Flow in Natural Communities

تستهلك النباتات الخضراء كمًا قليلًا من الطاقة الضوئية التي تسقط عليها، فالنبات لا يستهلك أكثر من ١-٣٪ من الطاقة الشمسية التي تسقط عليه لإتمام عملية البناء الضوئي، ويمكن حساب فعالية البناء الضوئي بطريقة (Transeau, 1926) الذي حسب الفعالية التي يحول بها نبات الذرة الطاقة الضوئية من الشمس إلى طاقة مخزنة في جزيئات الجلوكوز في أنسجة النبات نتيجة عملية البناء الضوئي، ويمكن الاستعانة ببعض المعادلات لتوضيح هذه الطريقة:

$$\text{* فعالية البناء الضوئي} = \frac{\text{الطاقة التي يثبتها النبات في البناء الضوئي}}{\text{الطاقة التي تسقط على النبات في الحقل}}$$

$$\text{* الطاقة التي يثبتها النبات في البناء الضوئي}$$

$$= \text{صافي الإنتاج الابتدائي} + \text{طاقة التنفس}$$

$$\text{* صافي الإنتاج الابتدائي} = \text{الكتلة الجافة (الوزن الجاف) للنبات.}$$

وبناء على المعادلات السابقة يمكن حساب فعالية البناء الضوئي Efficiency of Photosynthesis من المعلومات الآتية:

$$\text{* كم الطاقة الشمسية الذي يسقط على النبات في الحقل.}$$

$$\text{* وزن النبات الجاف.}$$

$$\text{* كم الطاقة التي استخدمها النبات في التنفس.}$$





شكل (٧)

هرم للطاقة يعتمد على النظام البيئى لأشجار البلوط فى أكسفورد
وحدة الطاقة: كيلو كالورى/هكتار/سنوياً (عن Varley, 1970)

وتجدر الإشارة إلى أن حساب طاقة التنفس هو أصعب خطوة أو مرحلة فى هذه العملية، ولكن (Transeau, 1926) استطاع حساب طاقة التنفس (الطاقة التى فقدها النبات فى التنفس) بواسطة وضع بعض من نبات الذرة فى مكان مظلم وحساب كم غاز ثانى أكسيد الكربون وتحديد كم ثانى أكسيد الكربون الذى يستخدمه النبات، وافترض أن معدل التنفس فى الضوء يساوى معدل التنفس فى الظلام، وهذا يعنى إمكانية حساب الطاقة التى استخدمها النبات فى التنفس (طاقة التنفس) من حساب كم غاز ثانى أكسيد الكربون معملها، وقد توصل هذا العالم إلى أن فعالية البناء الضوئى فى حقول الذرة الجيدة لا تتعدى أكثر من ١,٦٪.

إن ما ذكرناه سابقاً يبين أن أكثر من ٩٨٪ من طاقة الشمس التى تصل إلى المنطقة المزروعة لا تستعمل بواسطة النبات ويرجع ذلك إلى عدة أسباب أهمها:

• أن ضوء الشمس الذى يسقط على المناطق المزروعة أو التى ينمو فيها الكساء الخضرى طبيعيا يؤدى إلى عملية تدفئة النبات والقليل فى عملية البناء الضوئى.

• كم كبير من الضوء يسقط على التربة ولا يسقط على النبات.

• ينعكس كم كبير من ضوء الشمس من على سطح النبات ولا تستطيع أنسجة النبات استخدامه، وبذا لا يصل إلى البلاستيدات الخضراء بداخل الخلايا النباتية.

• أسباب تتعلق بفسولوجيا النبات، ويمكن الرجوع على سبيل المثال إلى (Salisbury and Ross, 1985).

٦- الإنتاج الابتدائى: Primary Production

عملية البناء الضوئى هى الأساس الذى تعتمد عليه كل أشكال الحياة وهى أيضاً نقطة البداية فى دراسة أيض المجتمعات Community Metabolism. وتشكل النباتات الجزء الأعظم من الكتلة الحيوية على الأرض إذ يبلغ وزن النباتات حوالى ٩٩,٩٪ من الوزن الكلى للكائنات الحية (Whittaker, 1975) والإنتاج الكلى الابتدائى Gross Primary Product هو الطاقة التى يثبتها النبات فى عملية البناء الضوئى وصافى الإنتاج الابتدائى Net Primary Production يعادل الإنتاج الكلى الابتدائى مطروحا منه الطاقة التى يستهلكها النبات فى عمليات النمو والتنفس. وأبسط الطرق لقياس الإنتاج الكلى الابتدائى هى طريقة الحصاد Harvest Method. حيث تعتبر كمية النباتات المنتجة فى وحدة الزمن ΔB مساوية للتغير فى الكتلة الحيوية خلال الفترة الزمنية (١) إلى (٢) $(\Delta B_2 - \Delta B_1)$ والفقد فى الكتلة الحيوية للنبات يحدث بطريقتين:

١- الفقد نتيجة موت النبات (L).

٢- الفقد نتيجة تغذية الحيوانات على النبات (G).

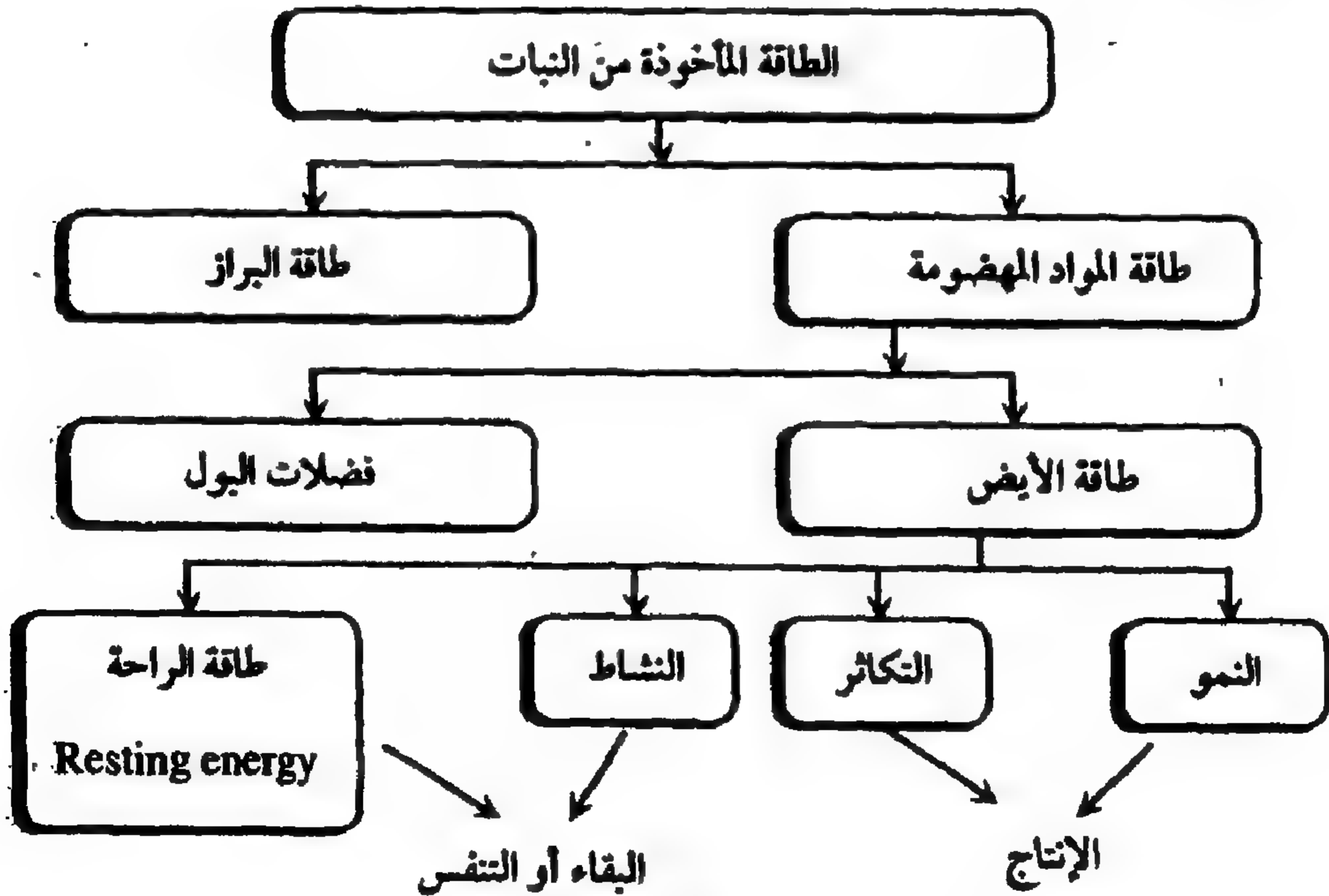
ويمكن إيجاد صافي الإنتاج الابتدائي بعد معرفة الكميات المفقودة من الكتلة الحيوية النباتية:

$$G + L + \Delta B = \text{صافي الإنتاج الابتدائي}$$

ويمكن حساب كمية الطاقة التي تكافئ الكتلة الحيوية عن طريق حرق وزن معلوم من النباتات في جهاز «Bomb Calorimeter». ولمزيد من التفاصيل يمكن الرجوع إلى (Whittaker, 1975; and Stiling, 1992).

الإنتاج الثانوي Secondary Production

الكتلة الحيوية النباتية التي تتراكم في البيئة نتيجة عملية البناء الضوئي تنتهي إلى أحد الاتجاهين، إما أن تتغذى عليها الحيوانات العاشبية أو الكائنات المحللة. وأوضحت العديد من الدراسات أن الكائنات المحللة تستهلك حوالي ٨٠٪ من المادة النباتية بعد موتها. ولكن الحيوانات العاشبة تشكل قوة هامة للانتخاب الطبيعي في النبات. والإنتاج الثانوي للطاقة يعبر عن كم الطاقة الذي تستوعبه الأنواع التي تتغذى على النبات ويتخذ سريان الطاقة في الحيوان عدة اتجاهات (شكل ١٨، ب):



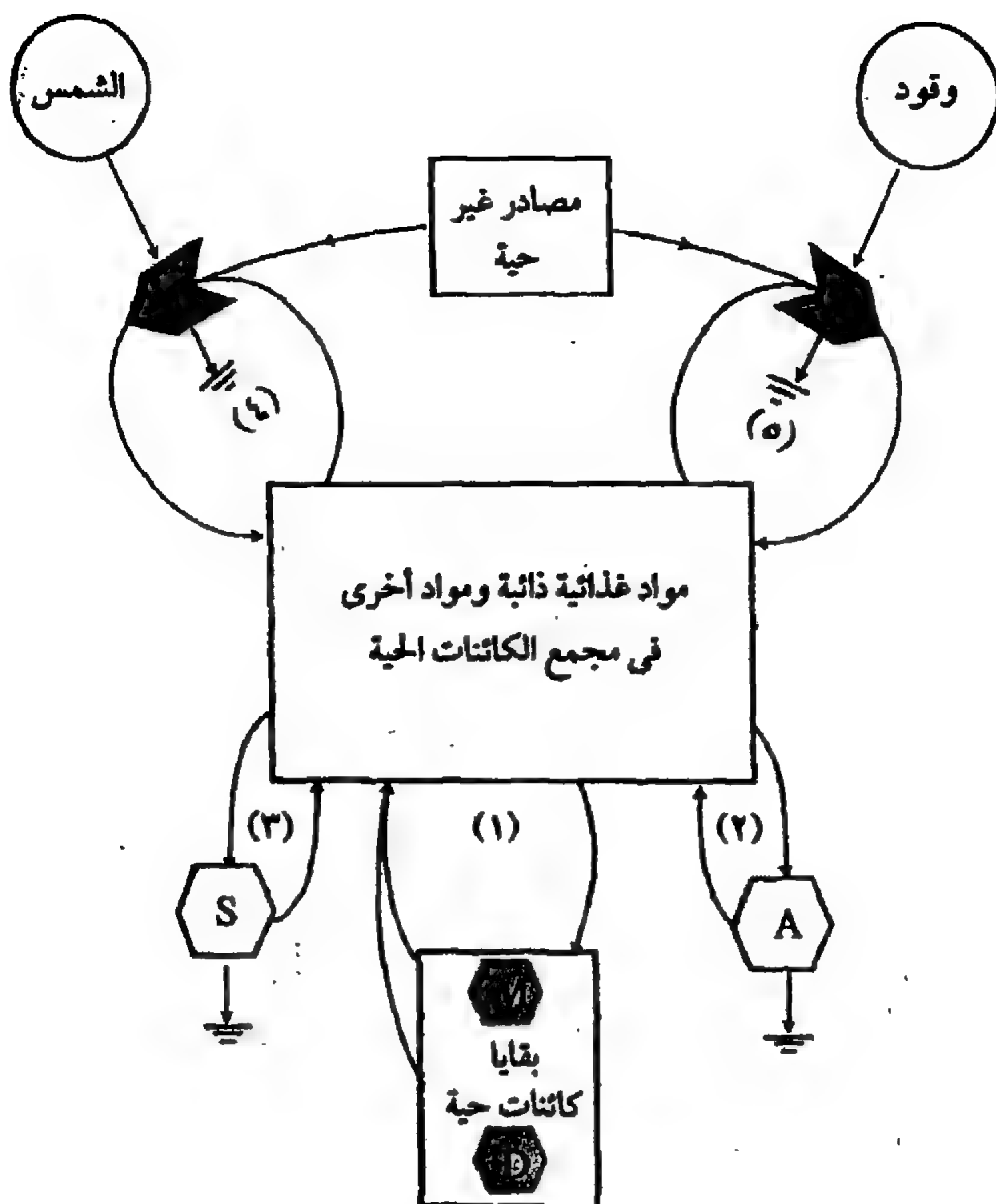
شكل (١٨)

اتجاهات سريان الطاقة (محمد محمد الشاذلي-٢٠٠٠)

والدراسة التي قدمها (Odum, 1957) تعتبر من أشهر الدراسات التي توضح
الفقد في الطاقة مع انتقال الغذاء خلال المستويات المختلفة من السلاسل الغذائية،
حيث يستعان بهذه الدراسة في العديد من مراجع البيئة التي تعالج موضوع النظم
البيئية شكل (٩).

تقدر كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى الكرة الأرضية بحوالى
 3×10^{15} كالورى لكل متر مربع في السنة. يتشتت جزء كبير من هذه الطاقة
ويستنفذ جزء كبير منها في عمليات البحر. وتختلف كمية الطاقة التي يستعملها
النبات تبعاً للموقع الجغرافى. أكثر من ٩٥٪ من الطاقة الشمسية التي تصل إلى
الأرض يتم فقدها على شكل حرارة والجزء المتبقى (١ - ٥٪) يستعمل في عملية
البناء الضوئى، حيث يتحول إلى أنسجة نباتية تخزن الطاقة. وتتضح علاقات
الطاقة في المستوى الغذائى الأول (الأنواع ذاتية التغذية - النباتات التي تقوم بعملية
البناء الضوئى) في شكل ١٠ وبفحص الشكل نجد أن فاعلية البناء الضوئى
Photosynthesis Efficiency منخفضة.



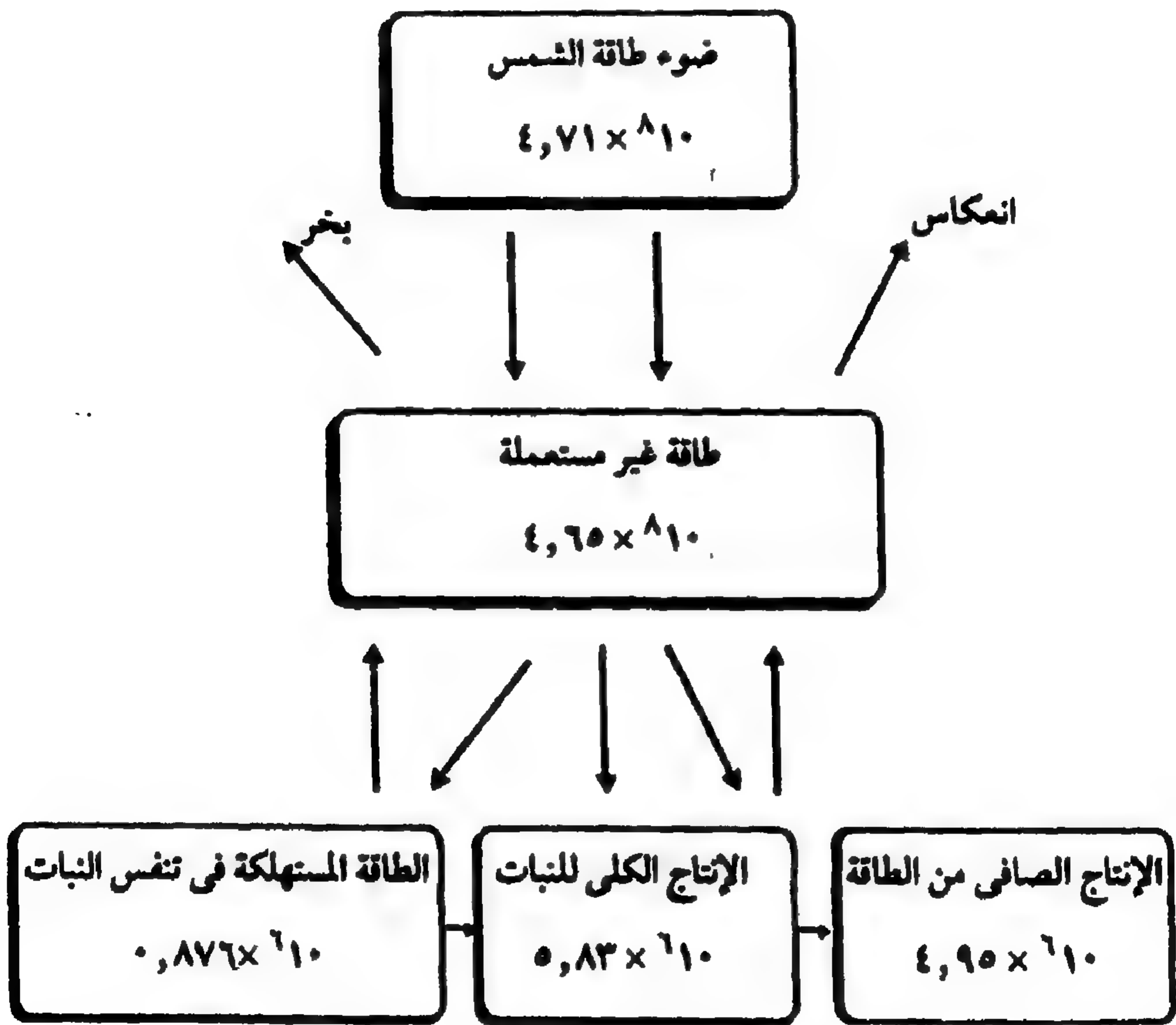


شكل (٨ب): خمس مسارات رئيسية لإعادة تدوير الطاقة: (١) التحلل بالكائنات الدقيقة -M- ، والمتغذيات على البقايا -D- . (٢) الإخراج في الحيوانات -A- . (٣) أنواع متعايشة تكافلية -S- . (٤) الطاقة الشمسية المستخدمة كما في دورة الماء. (٥) وقود حفري مستخدم على سبيل المثال في الصناعة. (عن: Odum, 1997).

فاعلية البناء الضوئي = $\frac{\text{الإنتاج الصافي من الطاقة}}{\text{كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى النبات}}$

$$\% 1,05 = \frac{^{10} \times 4,95}{^{10} \times 4,71} =$$

ولكن فاعلية البناء الضوئي تختلف من نبات لآخر ومن مجتمع لآخر (شكل ١٠) وقد ترتفع حتى تصل إلى ٣,٥ % (Price, 1984).



شكل (١٠)

علاقات الطاقة في مجتمع من الأعشاب في ولاية
ميتشجان (Phillipson, 1966)

أما الكائنات غير ذاتية التغذية والتي تعتمد على النبات بشكل مباشر (الحيوانات العاشبة) أو غير مباشر (الطفيليات أو المفترسات) فتخرج حوالى ٩٠٪ من الغذاء الذى تناوله على شكل فضلات ولا تتعدى كفاءة التمثيل الغذائى أكثر من ١٠٪ وهناك بعض الحالات الشاذة التى يصل التمثيل الغذائى فيها إلى ٧٥٪ (Phillipson, 1966) (شكل ١٠).

ويتوقف عدد المستويات الغذائية Trophic levels على كمية الطاقة الشمسية التى تصل إلى الغلاف الجوى حيث يقل عدد المستويات الغذائية مع قلة الطاقة الشمسية التى تصل إلى النبات؛ لأن عملية البناء الضوئى هى المصدر الأساسى لتخليق المواد العضوية بما تحتويه من طاقة تستغل فى جميع أشكال الحياة مع استثناء بعض أنواع البكتيريا ذاتية التغذية التى لا تعتمد على الطاقة الشمسية فى إنتاج المواد العضوية، ولكن هذه البكتيريا لا تمد النظام البيئى إلا بقليل ضئيل وغير محسوس من الطاقة الكلية اللازمة لاستمراره.

وتختلف الكتلة الحيوية Biomass للحيوانات العاشبة فى الأنظمة البيئية المختلفة تبعاً لقدرة النبات على تثبيت وتخزين الطاقة الشمسية على صورة أنسجة نباتية يمكن أن يعتمد عليها أفراد المستوى الغذائى الثانى (الحيوانات العاشبة - كما ذكرنا مسبقاً) ويمكن معرفة هذه الكتلة الحيوية والعدد النسبى للأنواع المكونة لها وعموماً فقد تصل الكتلة الحيوية للحيوانات النباتية إلى حوالى ١٠٪ من الكتلة النباتية فى النظام البيئى. ويجب أن نشير إلى أن تركيب مجتمعات الحيوانات العاشبة لا يعتمد فقط على كل كم الطاقة المنتج فى النظام البيئى ولكنه يعتمد أيضاً على طريقة اختزان هذه الطاقة، فنجد على سبيل المثال أن الطاقة تختزن فى بعض الأنظمة البيئية على شكل كتل كبيرة من الأنسجة الخشبية التى تمد بعض أنواع الحشرات بمصدر غذائى مستمر.

تتأثر الصفات البيولوجية للمجتمعات بالطريقة التى تعتمد عليها الأنواع فى الحصول على الطاقة، فنجد أن بعض أنواع الحشرات التى تتغذى على الأنسجة الخشبية مثل ناخرات الخشب من رتبة غمديات الأجنحة والسيكادا من رتبة متجانسة الأجنحة تعيش فترات حياة طويلة وتتميز بطول فترة الجيل مثل بعض أنواع



السيكادا التى تستغرق دورة حياتها من ١٣ إلى ١٧ عاما. أما الأنواع التى تعتمد على مصادر غذائية تختزن فيها الطاقة بشكل مؤقت مثل الجراد الذى يتغذى على نباتات البرارى. والخنافس البرغوثية وصراصير الغيط وغيرها تتميز بدورة حياة قصيرة يتخللها عادة سكون أو يبات شتوى فى أحد أطوار النمو.

وكما تختلف النباتات فى قدرتها على اختزان الطاقة، تختلف قدرة الحيوانات النباتية على اختزان وتمثيل الطاقة، حيث يختلف توزيع الطاقة Allocation تبعاً لمصدر الطاقة المستخدم (مؤقت أو مستديم) والعوامل البيئية التى تؤثر على فسيولوجيا الحيوان من الطقس والتغيرات الموسمية فى الأهلات واستراتيجيات التكاثر (بعض الأنواع تنتج ذرية كبيرة العدد فى فترة جيل صغيرة - تختلف معدلات وضع البيض فى الأنواع المختلفة ... إلخ)، ويعطى شكل (١١) نموذجاً لانتساب الطاقة فى أفراد أو أهلات الأنواع غير ذاتية التغذية. ويبدو أن الانتخاب الطبيعى ينحاز تجاه الأفراد أو الجماعات التى تتميز بقدرة عالية على استهلاك الغذاء وتمثيله للحصول على أكبر قدر ممكن من الطاقة.

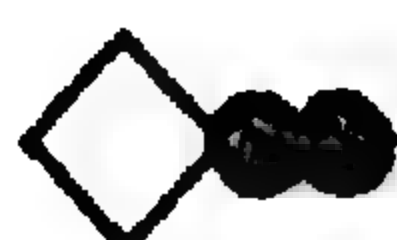
تصبح الطاقة جزءاً من الكائن الحى بعد أن تختزن على شكل كربون مختزل أى بعد أن يمتص الغذاء خلال جدار الأمعاء فى الأنواع غير ذاتية التغذية. ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار أن الفضلات التى يخرجها الكائن الحى لا تدخل فى التفاعلات البيوكيميائية داخل الجسم ولكنها تعتبر عاملاً أساسياً يضمن استمرار هذه التفاعلات. وبعد تثبيت الطاقة فى الكائن الحى فى شكل كربون مختزل تصبح «إنتاجاً كلياً» Gross Production وتحرك هذه الطاقة فى المسارات الآتية:

١- الأيض التنفسى الذى ينتج عنه الكحول الإيثيلى أو حامض اللاكتيك أو ثانى أكسيد الكربون.

٢- مركبات نتروجينية تخرج على شكل فضلات.

٣- تستهلك الكائنات الحية طاقة فى بناء أنسجتها وفى الحركة أو تحريك أشياء أخرى.

٤- الكربون المختزل يمكن أن يدخل فى تركيب جزيئات جديدة.





انسياب الطاقة في أفراد أو آملات الأنواع غير ذاتية التغذية (محمد محمد الشاذلي ٢٠٠٠)

عندما يكون صافى إنتاج الطاقة Net Production موجبا يكون معدل إنتاج أنسجة جديدة أسرع من معدل هدم الأنسجة القديمة، ويمكن حساب الإنتاج الكلى للطاقة فى الأنواع ذاتية التغذية والأنواع غير ذاتية التغذية من النماذج التالية (عن محمد محمد الشاذلى، ٢٠٠٠)

أولاً، الكائنات ذاتية التغذية:

$$GPP = AR + NPP + AEX + AW$$

حيث:

GPP = الإنتاج الكلى الابتدائى للطاقة.

AR = طاقة التنفس.

NPP = صافى إنتاج الطاقة الابتدائية (الأنسجة).

AEX = طاقة الإخراج.

AW = طاقة الشغل (الحركة - الأنشطة الحيوية إلخ).

ثانياً، الكائنات غير ذاتية التغذية:

$$GSP = HR + NSP + HEX + HW$$

حيث:

HR = طاقة التنفس

GSP = الإنتاج الكلى الثانوى للطاقة.

NSP = الإنتاج الصافى الثانوى (الأنسجة التى تبنى فى جسم الكائن الحى).

HEX = طاقة الأنشطة الإخراجية.

HW = طاقة الشغل.

ويجب ملاحظة أن طاقة الأنشطة الإخراجية وطاقة الشغل تكاد تقترب من الصفر فى الأنواع ذاتية التغذية نظراً لأن النباتات عموماً غير متحركة بالإضافة إلى أن العمليات الإخراجية فى النبات أبسط بكثير من عمليات الإخراج فى الحيوان.



ويمكن أن يفقد صافي الإنتاج (الأنسجة) بأربع طرق:

١- التكاثر (خروج الحيوانات المنوية - البويضات - الجراثيم - إلخ).

٢- فقد جزء من الكائن الحي، حيث تسبب عملية الانسلاخ في الحشرات فقد كميات كبيرة من الطاقة، وقد أوضحت العديد من البحوث أن آهلات المن على شجرة واحدة تفقد من ٣٠٠ إلى ٣٦٠ كيلو كالورى سنوياً، وهذا الكم يمثل حوالى ١٤٪ من صافى الطاقة الذى ينتجه المن أثناء حياته.

٣- خروج بعض المواد من الجسم كما فى حالة إفراز الفيرومونات أو المواد الدفاعية فى الحشرات.

٤- يمكن استهلاك جزء من الكائن الحي ويلاحظ أن الأنواع التى تتغذى على النبات تؤثر على معدلات إنتاج النبات للطاقة بينما لا تستطيع الكائنات المحللة (الكانسات) التأثير على معدل إنتاج الطاقة لأنها لا تعمل إلا بعد موت الكائن الحي.

٧- دور اللافقاريات فى انسياب الطاقة

The Role of Invertebrates in Energy Flow:

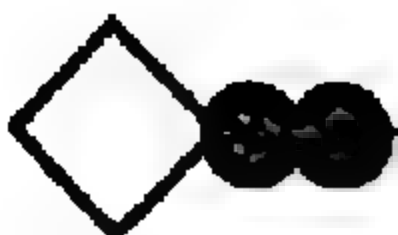
ما هو الدور الذى تلعبه اللافقاريات وخاصة الحشرات فى انسياب الطاقة فى الأنظمة البيئية؟ وكيف تستغل الحشرات الطاقة فى الغذاء؟ درس (Odum et al., 1962) انسياب الطاقة فى ثلاث مجموعات من المستهلكات الابتدائية وهى:

- عصفور السافانا *Sandwichensis Passerculus* المتغذى على البذور.

- فئران الغيط *Peromyscus polinouts* المتغذية على البذور.

- النطاطات (حشرات مستقيمة الأجنحة) *Melanoplus Bilituratus; M. femur-rubrum*.

- صراصير الغيط *Oecanthus nigriornis*.



وتوصلت الدراسة إلى النتائج الآتية:

- معدل انسياب الطاقة لعصفور السافانا: ٦,٣ كيلو كالورى لكل متر مربع سنوياً.

- معدل انسياب الطاقة للفئران: ٧,٦ كيلو كالورى لكل متر مربع سنوياً.

- معدل انسياب الطاقة للحشرات مستقيمة الأجنحة: ٦,٢٥ كيلو كالورى لكل متر مربع سنوياً.

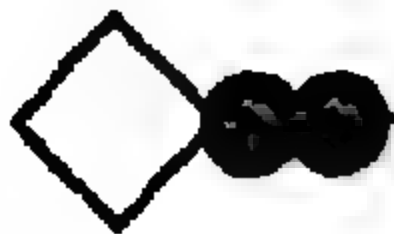
وهذا يوضح أن اللافقاريات وبخاصة الحشرات هي أكثر الأنواع النباتية فى أهميتها حيث تستهلك الحشرات كما كبيراً من الطاقة المتاحة فى النظام البيئى (انظر شكل ١٢) ويوضح جدول (٢) الطاقة المنتجة من الأنواع العاشبة لكل متر مربع سنوياً.

جدول (٢): إنتاج الطاقة لأهلات الحيوانات العاشبة

كيلو كالورى / متر مربع / سنة

الحيوان العشبى	الإنتاج	نسبة التمثيل المتحول إلى إنتاج
عصافير	٠,٠٤	١
فئران	٠,١٢	٢
حشرات مستقيمة الأجنحة	٤,٠٠	١٥

بالرغم من أن الحشرات من رتبة مستقيمة الأجنحة تستخدم جزءاً بسيطاً من الطعام الذى تستهلكه (٢-٧٪) فى حين تستخدم أكالات اللحوم نسباً أعلى من الطعام المستهلك (١٠-٥٠٪) إلا أن إنتاج الحشرات للطاقة أكثر مائة ضعف من إنتاج العصافير وثلاث وثلاثين ضعفاً من إنتاج الفئران (جدول ٢). ومن ثم تعتبر الحشرات أكثر استهلاكاً وإنتاجاً للطاقة من الفقاريات فى نفس المستوى الغذائى، وذكر (Price, 1984) أن فقد الحشرات من النظام البيئى يؤدى إلى خفض عدد المستويات الغذائية وضمحلل الكثير من الحلقات فى الشبكة الغذائية.



يلخص جدول (٣) انسياب الطاقة في حقلين قديمين في جنوب كاليفورنيا وجنوب ميتشجان.

جدول (٣): الاستخدام السنوي للطاقة في المستهلكات الابتدائية في مجتمعات

الحقول القديمة في جنوب كارولينا وجنوب ميتشجان

(كيلو كالورى / متر مربع / سنة) (Wiegert and Evants, 1967)

الإنتاج الثانوى للطاقة		تمثيل الغذاء		ابتلاع الغذاء		
جنوب ميتشجان	جنوب كارولينا	جنوب ميتشجان	جنوب كارولينا	جنوب ميتشجان	جنوب كارولينا	
٠,٠٥	٠,٠٤	٢,٣	٣,٦	٢,٦	٤	العصافير
٠,٠١	٠,١٢	٠,٦	٦,٧	١,١	٧,٤	الفئران
٠,٥١	٤,٠٠	١,٤	٢٥,٦	٣,٧	٧٦,٩	الحشرات مستقيمة الاجنحة
٠,٠٨	—	٠,٩	—	١,٥	—	البق
٠,١٠	٠,٤	٠,٣	٢,٦	٠,٧	٧,٧	حشرات اخرى

يتضح من الجدول السابق أن معدلات ابتلاع الغذاء في الحشرات أعلى من الأنواع الأخرى لدرجة أن بعض أنواع البق تبتلع كما من الغذاء أكبر مما تبتلعه الفئران (نلاحظ أن تعداد أهلات الحشرات أعلى بكثير من تعداد أهلات الأنواع الأخرى). ترتفع كفاءة تمثيل الغذاء Assimilation Efficiency في الفقاريات حتى تصل إلى أكثر من ٥٠٪، ولكن الحشرات عموماً أقل في القدرة على تمثيل الغذاء وهذا يؤدي إلى خروج كميات كبيرة من الغذاء غير الممثل على شكل فضلات برازية، وهذه الفضلات لها أهمية كبيرة في المستوى الغذائي الذي يشتمل على الأنواع المحللة للمواد العضوية Decomposer-based Trophic Level.

يعتبر المنّ من الكائنات التي تلعب دوراً رئيسياً في سريان الطاقة في النظام البيئي. فالندوة العسلية Honey dew التي يفرزها المن تعتبر غذاء رئيسياً لبعض أنواع الفطريات والحيوانات بالإضافة إلى وجود العديد من الأنواع التي تتغذى على المنّ بالتطفل أو الافتراس مثل خنافس أبو العيد (فصيلة كوكسينيليدي Coccinillidae ومفترسات غير متجانسة الأجنحة ومتطفلات غشائية الأجنحة التابعة لفصائل (براكونيدي، كالسيدى Braconidae, Calcidae وغيرها).

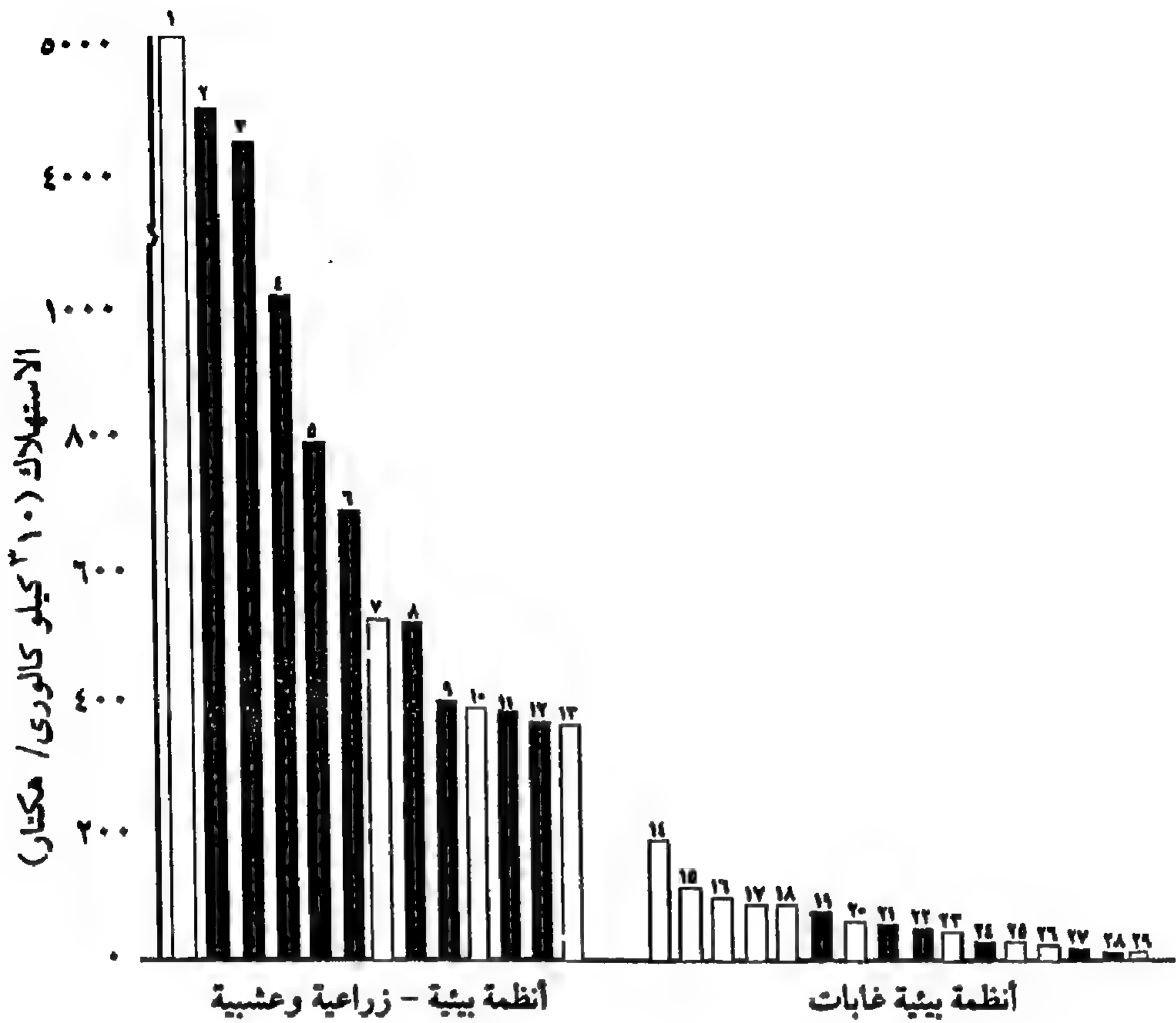
وُجد أن آهلات المن من نوع *Eucallipterus biliaris* تستهلك حوالي ٣٦٧٢ كيلو كالورى/ متر مربع/ سنوياً في إنجلترا ويعتبر هذا المعدل من استهلاك الطاقة من المعدلات العالية إذا ما قورن مع بعض أنواع الاغنام التي تستهلك ٧٣٠ كيلو كالورى/ متر مربع/ سنوياً. وفراش أشجار البلوط الذى يستهلك ١٥٤ كيلو كالورى/ متر مربع/ سنوياً.

ولكن كيف تستغل الطاقة التي يستهلكها المن؟. ذكر (Price, 1984) أن ٩٠٪ من هذه الطاقة يستعمل في إنتاج الندوة العسلية (سائل سكري يفرزه المن).

يتغذى المن على النبات بدون أن يتسبب في إتلاف ميكانيكية البناء الضوئي، وبهذا يستمر العائل النباتي في الإنتاج متيحاً فرصة مستمرة للتغذية، وهذا يعنى أن المن لا يدمر مصدره الغذائي في جميع الأحوال، بل يمكن أن يزيد من قدرة العائل النباتي على تثبيت الكربون وإنتاج الطاقة حيث إن المن يخلص النبات من المواد المتراكمة والتي قد تؤدي إلى إضعاف عملية التمثيل الضوئي.

ويتضح تأثير الحشرات على عمليات انسياب الطاقة في الأنظمة البيئية المختلفة من شكل (١٢) حيث نجد أن الحشرات هي أكثر المجموعات استهلاكاً للطاقة في الأنظمة البيئية.

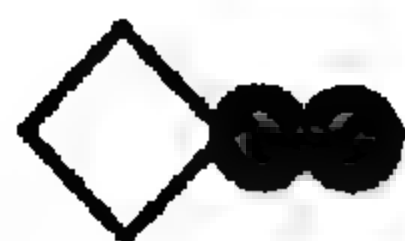




شكل (١٢)

مقارنة معدلات استهلاك الطاقة في الحيوانات العاشبة في «١٣» نظاما بيئيا زراعيا وعشبيا و«١٦» نظاما بيئيا للغابات الطبيعية
(الأعمدة السوداء تمثل الحشرات - عن محمد محمد الشاذلي، ٢٠٠٠)

ومع التطور في معرفة ديناميكا الأنظمة البيئية أعاد العلماء النظر في وضع الأنظومات الحشرية واللافقاريات بصفة عامة في النظام البيئي أو بمعنى آخر ينظر الآن إلى الحشرات واللافقاريات على أنها كائنات «منظمة» وليست كائنات «مستهلكة» في النظام البيئي. وتوضح الدراسة التي قدمها (Cummins, 1974) تأثير الطاقة والمواد التي تصل إلى النظام البيئي في أحد الجداول شكل (١٣) مثل



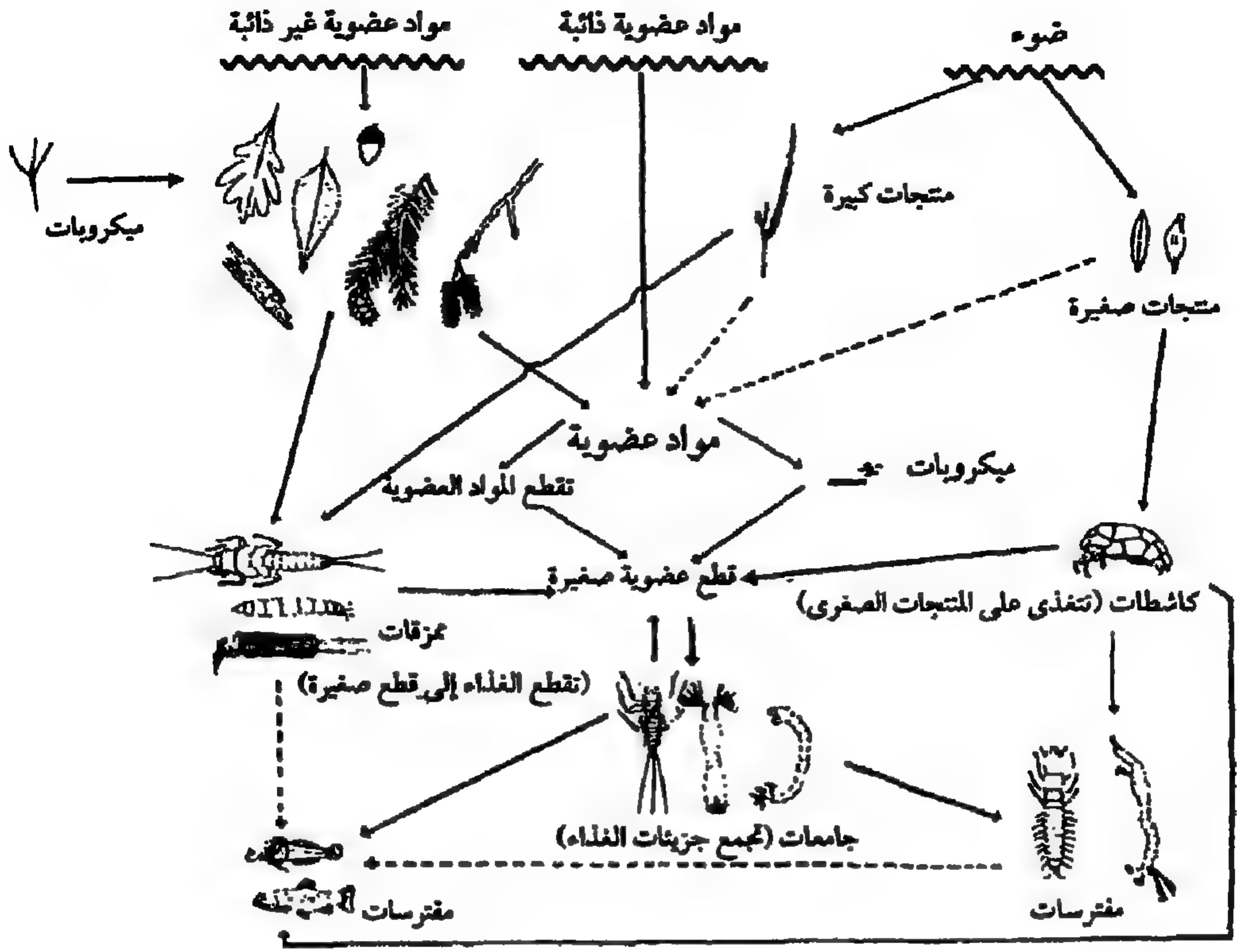
الطاقة الشمسية والمواد العضوية. ويوضح الشكل أن أى تغير طفيف فى كمية أو نوعية المواد التى تصل إلى هذا النظام البيئى سوف يؤدى إلى حدوث تغيرات جوهرية فى هذا النظام (شكل ١٣).

ومن ناحية أخرى أكدت نتائج العديد من الدراسات على الفرض الذى يقضى بأن المفصليات البرية التى تعيش بالقرب من ضفاف الأنهار تؤثر على انسياب الطاقة فى النظام المائى حتى تصل إلى الأسماك ولكن العلاقة بين هذه المفصليات والأنظمة البيئية المائية غير واضحة.

الحفاظ على اللافقاريات من الانقراض، Invertebrate Conservation

تتضح أهمية اللافقاريات فى الأنظمة البيئية من الدور الذى تلعبه الحشرات فى سريان الطاقة فى النظام البيئى، وقد انتبه علماء البيئة لأهمية هذا الدور وظهرت فى الآونة الأخيرة برامج حفظ الحشرات من الانقراض فى العديد من الدول، وعلى سبيل المثال كان أول نوع يتم الإعلان عن حمايته رسمياً هو أحد أنواع النطاظ هو *Trimerotropis infanbilis* Orthoptera-Acrididae وقد أعطى (Hoekstra, 1998) دراسة عن الإجراءات التى تمت لحماية هذا النوع من الانقراض فى الولايات المتحدة، وقدم (Foucarr and Lecoq, 1998) دراسة عن المخاطر التى تواجه أحد أنواع النطاظات المحمية فى جنوب فرنسا وقد تم وضع خطة فى إنجلترا للحفاظ على أنواع مستقيمة الأجنحة المهددة بالانقراض، حيث تتم تربية العديد من هذه الأنواع فى الأسر للحفاظ عليها من الانقراض فى الطبيعة نظراً لتعديات الإنسان على الأنظمة البيئية. وأخيراً يجب التنويه عن ظهور مجلة علمية متخصصة فى أبحاث حفظ الحشرات من الانقراض وتعرف هذه المجلة باسم *Journal of Insect Conservation*.



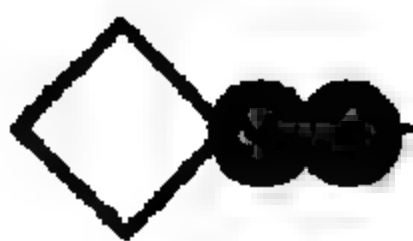


شكل (١٣)

نموذج لنظام بيئي في جدول يوضح تأثير تغير كم وتنوعية المواد الداخلية على انسياب الطاقة في النظام البيئي (عن Cummins, 1974)

٨- ديناميكية انسياب الطاقة: Dynamics of Energy Flow

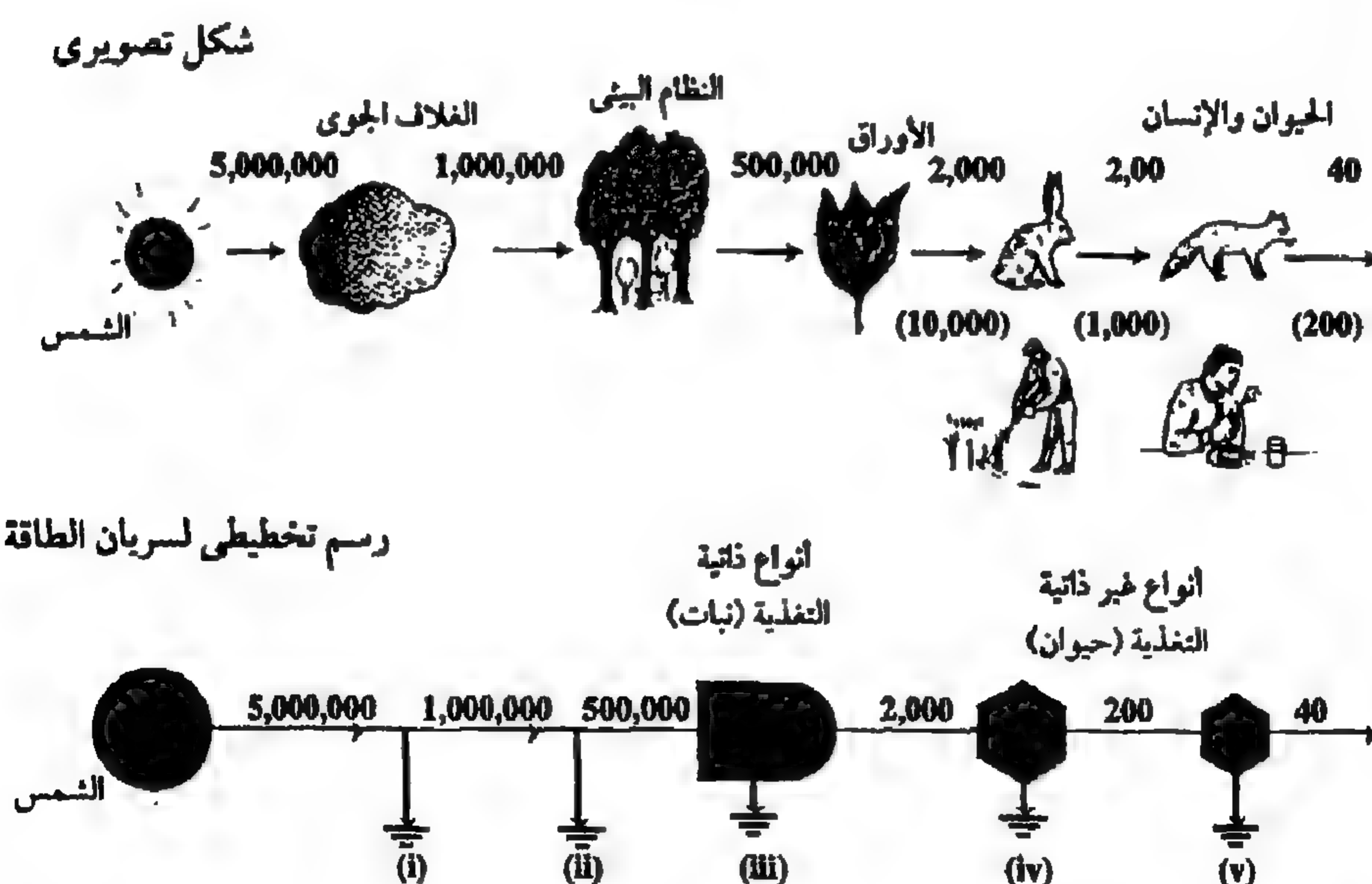
ذكرنا سابقاً أن الطاقة Energy لا تساب في النظام البيئي على شكل دورات وسوف يتضح ذلك من مناقشة الدورات «البيوجيوكيميائية» في النظام البيئي، وقد ناقش (محمد محمد الشاذلي، 2000) النتائج الهامة التي توصل إليها الباحثون من خلال دراسات متعددة لانسياب الطاقة في النظام البيئي على مستوى الأفراد والآهلات والمجتمعات حيث إن وصول آهلات المجتمع إلى كثافة معينة يعتمد على تثبيت الطاقة بالمنتجات الابتدائية (النباتات) وعلى كم الطاقة الذي يمكن أن يتقل



بين المستويات الغذائية. وتعرف قابلية المواد لإعطاء الطاقة مع مرورها خلال السلسلة الغذائية بالتأثير «من أسفل لأعلى Bottom-up effect».

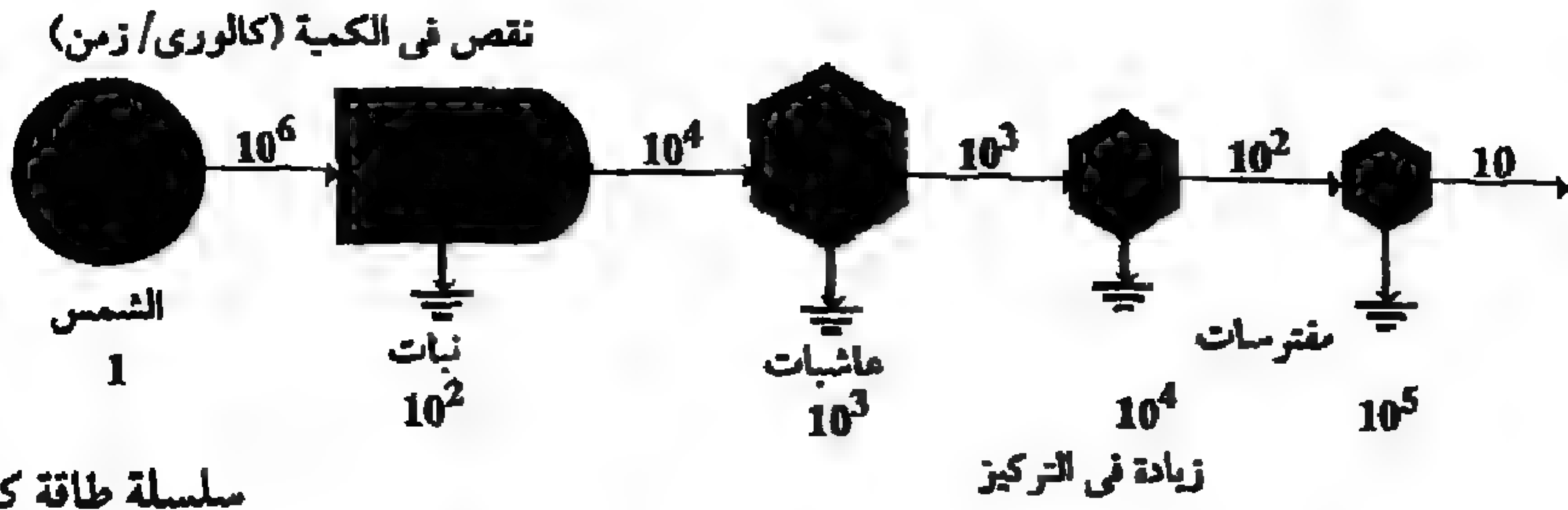
ومن ناحية أخرى يمكن أن تؤثر المفترسات على كافة آهلات الأنواع العاشبة مما يؤدي إلى خفض كمية الطاقة المستهلكة من النبات أو بمعنى آخر «يؤدي تأثير المفترسات على كثافة آهلات العائل إلى إحداث تأثير على كم الطاقة الذي ينساب في المستويات الغذائية الأدنى «فيما يعرف بالتأثير» من أسفل لأعلى Bottom-up effect». كما تؤثر بعض العمليات الحيوية مثل التنفس وحركة المواد الكيميائية على سريان أو انسياب الطاقة (محمد محمد الشاذلي، 2000).

ويعطى شكل (١٤-أ) فكرة عامة عن انسياب أو سريان الطاقة في السلاسل الغذائية، كما يتضح من شكل (١٤-ب) أن تركيز الطاقة يزداد مع نقص شديد في كميتها أثناء سريانها في السلاسل الغذائية أو توليد الطاقة الكهربائية (شكل ١٤-ب).

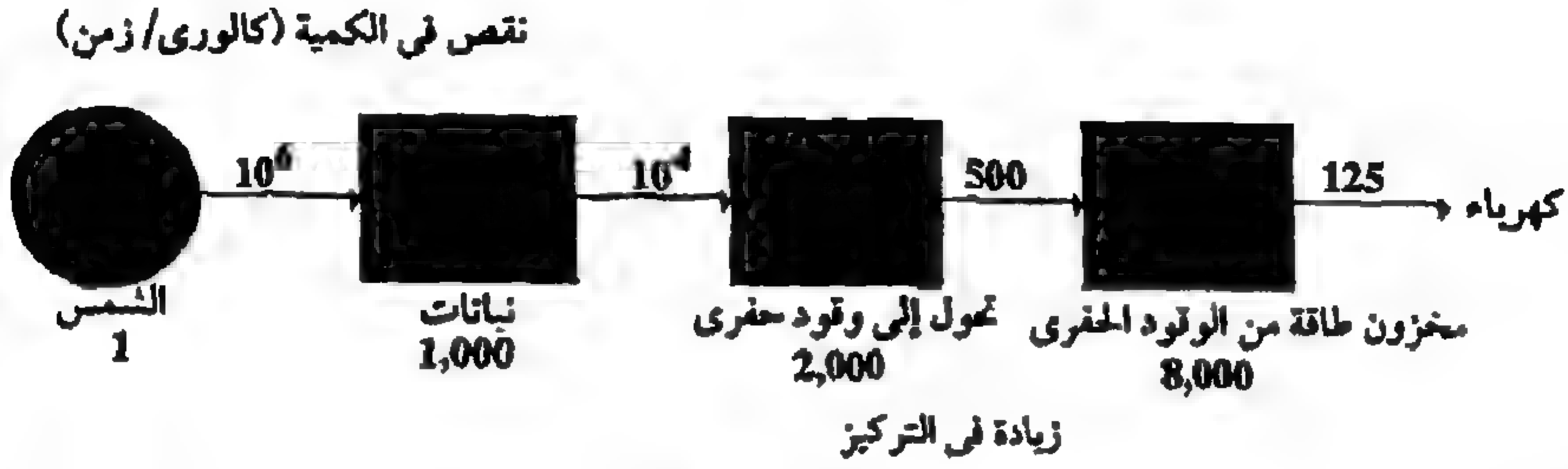


شكل (١٤): انسياب الطاقة الشمسية في السلاسل الغذائية (كيلو كالوري لكل متر مربع سنوياً). أعلى شكل تصويري. أسفل رسم تخطيطي لسريان الطاقة. (عن Odum, 1997).

السلسلة الغذائية



سلسلة طاقة كهربائية



شكل (١٤ - ب): زيادة تركيز الطاقة يصاحبه نقص في كمياتها أثناء مرورها في السلسلة الغذائية وأثناء توليد الطاقة الكهربائية (عن Odum, 1997).

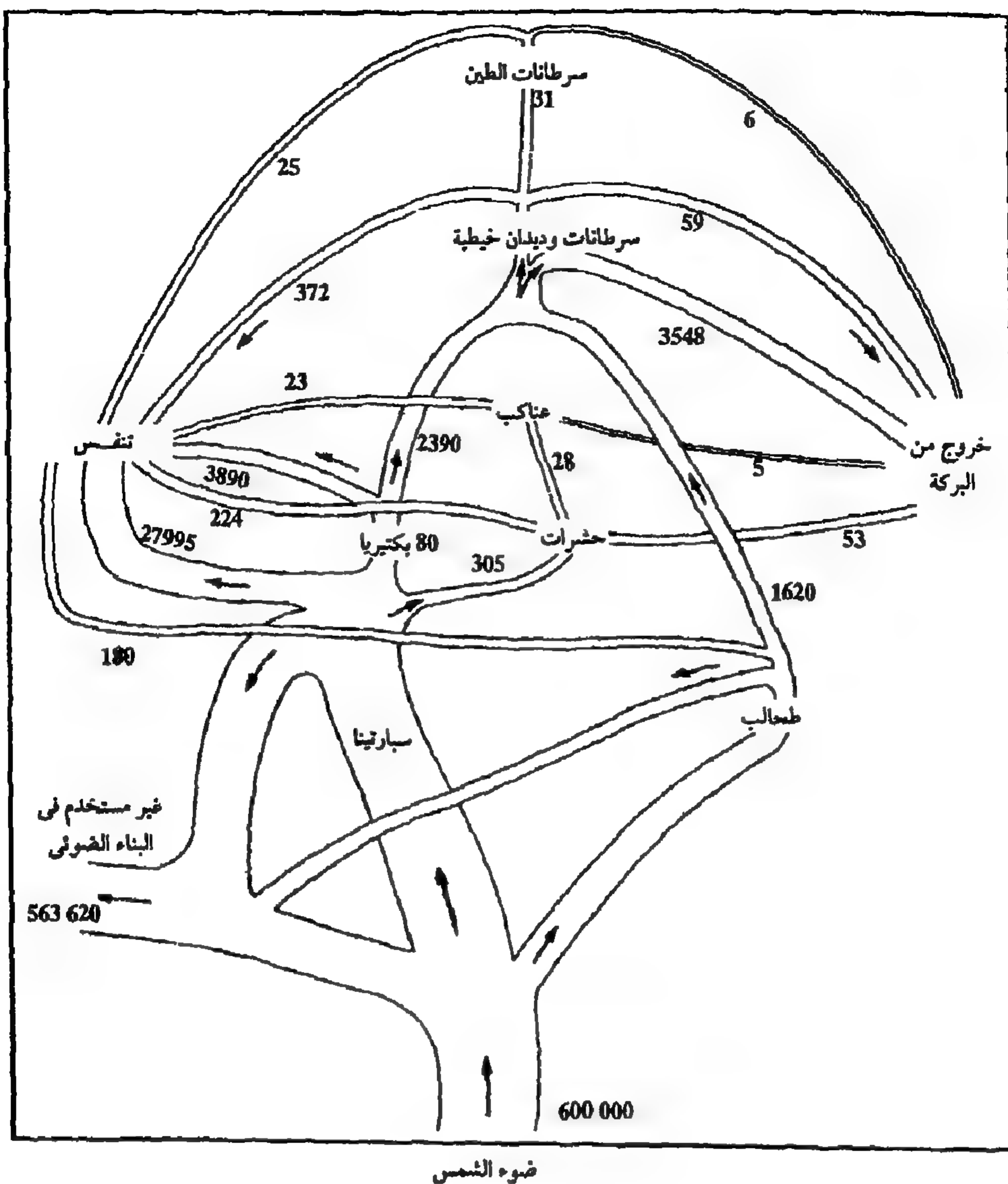
وتعتبر الدراسة التي قدمها (Teal, 1962) من أشهر دراسات انسياب الطاقة في الأنظمة البيئية. حيث درس حركة الطاقة وانتقالها عبر المستويات الغذائية المختلفة في أحد المستنقعات المالحة في ولاية جورجيا بالولايات المتحدة الأمريكية (شكل ١٤ ج). وبإمعان النظر في هذا الشكل يمكن أن نلاحظ النقاط الآتية:

١- ضوء الشمس الذي يصل إلى المستنقع يعادل ٦٠٠,٠٠٠ كيلو كالورى/ لكل متر مربع / سنويا.

٢- الكم الأكبر من هذه الطاقة غير مستخدم وهذا الكم يعادل ٥٦٣,٦٢٠ كيلو كالورى/ لكل متر مربع / سنويا.

٣- الكم المتبقى من الطاقة الشمسية يستعمل بواسطة نباتات البركة وهي الطحالب Algae ونبات الاسبارتينا *Spartina*.

٤- تفقد الطحالب في التنفس Respiration كمًا من الطاقة يعادل ١٨٠ كيلو كالورى/ لكل متر مربع / سنويا ويفقد نبات سبارتينا في التنفس ما يعادل ٢٧,٩٥٥ كيلو كالورى/ لكل متر مربع / سنويا.



شكل (١٤ ج):
 انسياب الطاقة في مجتمع بركة مالحة.
 الوحدة كيلو كالوري/م^٢/سنوات (عن Teal, 1962)

٥- تنتقل الطاقة من المنتجات الرئيسية (الطحالب والنبات) إلى الأنواع التي تليها في السلسلة الغذائية وهي الحشرات (Insects) والبكتيريا (Bacteria). وانتقال الطاقة يعنى ببساطة أن الحشرات والبكتيريا تتغذى على النبات والطحالب واستخدمت أجسام تلك النباتات (وهى حية أو ميتة) كعناصر غذائية لإنتاج الطاقة.

٦- تتغذى العناكب Spiders على الحشرات وتتغذى السرطانات والديدان Crabs and Nematoda على الطحالب والبكتيريا وبذلك تنتقل الطاقة من الطحالب والبكتيريا إلى السرطان والديدان.

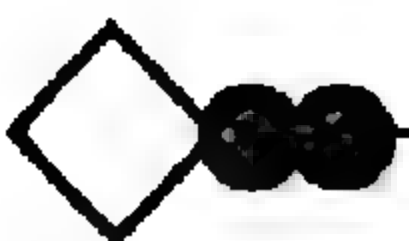
٧- تتغذى سرطانات الطين Mud Crabs على السرطانات والديدان (المذكورة فى الخطوة رقم ٦)، أى أن الطاقة تنتقل من السرطان والديدان إلى سرطان الطين.

٨- ملاحظات عامة: وبإمعان النظر فى الشكل يمكن أن نلاحظ النقاط الآتية:

أ- تقل الطاقة مع الانتقال من مستوى غذائى إلى المستوى الغذائى الذى يليه بسبب تشتت بعض الطاقة بعد خروجها من البركة Export From Marsh، هذا بالإضافة إلى كم الطاقة الذى يستخدم فى التنفس.

ب- تختلف فعالية استخدام وانتقال الطاقة فى المستويات الغذائية المختلفة من السلسلة الغذائية فيما يعرف «بالفعالية الغذائية» Trophic Efficiency وتعتبر الفعالية الغذائية عن فعالية انتقال الطاقة من مستوى غذائى إلى المستوى الغذائى الذى يليه، وعلى سبيل المثال:

* نلاحظ أن الفعالية الغذائية للكائنات العاشبة (المغتذيات على النبات) Trophic Efficiency of Herbivores النسبة المثوية لصافى الإنتاج النباتى الذى يتحول إلى أنسجة حية فى الكائنات العاشبة (الكائنات العشبية لا تتغذى على جميع الأنسجة النباتية المتاحة، كما أن كمًا كبيرًا من غذاء الكائنات العاشبة يستخدم لإنتاج طاقة لحركة الحيوان وتكاثره بالإضافة إلى خروج كم من الغذاء غير المهضوم على شكل فضلات برازية).



*كما نلاحظ أيضا أن الفعالية الغذائية لأكلات اللحوم فى المستوى الأول تقل عن الكائنات العاشبة لنفس الأسباب المذكورة سابقا والكم المتبقى هو الذى يتحول إلى أنسجة لبناء الأجسام.

وعموما يمكن القول بأن: الفعالية الغذائية = النسبة المثوية من الغذاء التى تتحول إلى أنسجة حية. ومن ثم فإن الفعالية الغذائية تتناقص من مستوى غذائى إلى المستوى الغذائى الذى يليه.

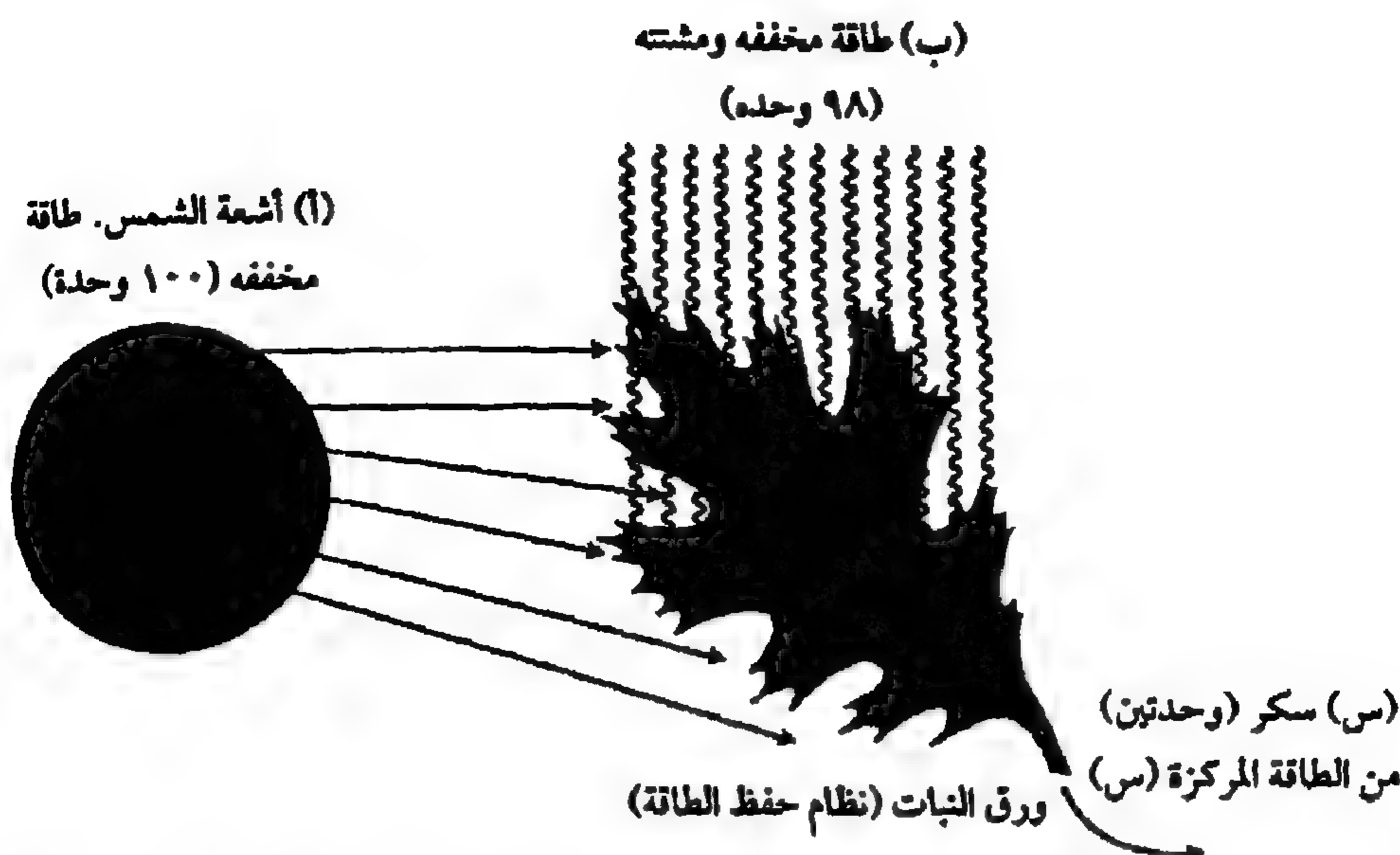
٩- الديناميكا الحرارية ونظرية النظام البيئى:

Thermodynamics and Ecosystem Theory:

يعالج علم الديناميكا الحرارية العلاقات بين الأشكال المختلفة للطاقة. ويعتمد هذا العلم على ثلاثة قوانين مستمدة من الطبيعة وهى القانون الأول والثانى والثالث للديناميكا الحرارية هذا بالإضافة إلى القانون الرابع والذى يستخدم أيضا فى تفسير بعض الظواهر البيولوجية فى الأنظمة البيئية. لقد استخدمت قوانين الديناميكا الحرارية لوصف تفاعلات الطاقة بين العناصر البيولوجية والفيزيائية للنظام البيئى. إن هناك أسبابا منطقية لتطبيق تلك القوانين على النظام البيئى حيث إن هذه القوانين تساعد على فهم الأنظمة البيئية من منظور شمولى لأنها تعتمد على انسياب الطاقة ودوران المواد، وانسياب الطاقة هو الخاصية الأساسية لتكوين نظام بيئى.

إن الأنظمة البيئية، من وجهة نظر الديناميكا الحرارية، ليست أنظمة معزولة؛ نظراً لأن الطاقة والمواد تنساب فى تلك الأنظمة، حيث تتداخل المركبات فى دورات بيوجيوكيميائية، أما الطاقة فهى تضح يومياً من الشمس ولا تخضع لدورات ولكنها تنساب من مستوى غذائى إلى المستوى الذى يليه، ومن ثم فإن الأنظمة البيئية لا يمكن أن تستمر بدون الحصول على الطاقة الشمسية لتغطية احتياجات الأنظمة حتى تصل إلى مرحلة التوازن. وبصفة عامة فإن الأنظمة البيئية أنظمة مفتوحة وغير مترنة من وجهة نظر الديناميكا الحرارية (شكل ١٥).





شكل (١٥): القانون الأول والثاني للديناميكا الحرارية، والقانون الأول يطبق بواسطة حفظ الطاقة الشمسية (أ) في شكل سكريات (س) في عملية البناء الضوئي (أ = س + ب). القانون الثاني يتطلب أن (س) دائماً أقل من (أ) بسبب تشتت الطاقة (ب). عن (Odum, 1997). وسوف نوضح في الجزء التالي كيف يمكن تطبيق القانون الأول للديناميكا الحرارية على الأنظمة البيئية اعتماداً على الأبحاث المقدمة من:

(Patten et al, 1997; Jorgensen et al., 1999; Jorgensen, 2000):-

حفظ المادة والطاقة Mass and Energy-conservation:

يخضع تحول الطاقة والكتلة إلى القوانين الفيزيائية الأساسية والتي تطبق على جميع الأنظمة الطبيعية بما فيها النظام البيئي. إن المادة لا تفنى ولا تخلق من عدم. ونفس القانون ينطبق على الطاقة، فالطاقة لا تفنى ولا تخلق من عدم. ومن بديهيات علم الفيزياء أن المادة يمكن أن تتحول إلى طاقة والعكس صحيح. ويمكن توحيد القاعدتين باستخدام قانون أينشتاين:

$$E = m C^2 (ML^2T^{-2}) \dots\dots\dots (1)$$

حيث: الطاقة = E

الكتلة = m

$$C = \text{سرعة الضوء} = 3 \times 10^8 \text{ م/ث} = C$$

والآن يمكننا أن نقر حقيقتين:

١- النظام البيئي يحفظ الطاقة.

٢- النظام البيئي يحفظ المادة.

يمكن أن نعبر عن تحويل المادة إلى طاقة بالمعادلة الآتية:-

$$dm / dt = \text{input} - \text{output} (MT^{-1}) \text{-----} (2)$$

dm / dt = الإضافة إلى الكتلة - النقص من الكتلة.

حيث الكتلة الكلية للنظام = m .

والمعادلة السابقة (وحدات الكتلة والزمن) فى مجملها تعنى أن الزيادة فى الكتلة تعادل كم الكتلة المضاف إلى النظام مطروحا منه كم الكتلة الخارج من النظام أو فى عبارة أخرى فإن الزيادة فى الكتلة تعادل كم الكتلة الداخلى إلى النظام مطروحا منه كم الكتلة الخارج من النظام. والتطبيق العملى للمعادلة السابقة يتطلب وجود حدود معينة للنظام، ويتم استخدام «التركيز» بدلا من «الكتلة» فى صياغة نماذج الأنظمة البيئية:

$$Vdc / dt = \text{input} - \text{output} (MT^{-1}) \text{-----} (3)$$

Vdc / dt = الإضافة إلى التركيز - النقص فى التركيز

حيث:

الحجم الكلى للنظام، ويفترض ثبوته = V .

التركيز = C .

(وحدات التركيز والزمن) MT^{-1}

أى أن المعادلة السابقة تعنى أن الزيادة فى التركيز تعادل كم الإضافة إلى التركيز مطروحا منه كم النقص فى التركيز.

وإذا استخدمنا قانون حفظ الكتلة فى المركبات الكيميائية التى يمكن أن تتحول إلى مركبات كيميائية أخرى فسوف تصاغ المعادلة رقم (٣) على الصورة الآتية:



$$V \, dc / dt = \text{input} - \text{output} + \text{formation} - \text{transformation} \, (MT^{-1}) \quad \dots(4)$$

$V \, dc / dt = \text{الإضافة إلى التركيز} - \text{النقص في التركيز} + \text{التكون} - \text{التحول}$

ويستخدم مبدأ بقاء أو حفظ الكتلة في العديد من النماذج البيئية المعروفة باسم النماذج البيوجوكيميائية Biogeochemical Models، وعلى سبيل المثال تستخدم المعادلة السابقة في حساب معدل تراكم بعض العناصر مثل الكربون والتروجين والسليكون في البحيرات، حيث يمكن توقع الفترة الزمنية اللازمة لتراكم كم معين من تلك العناصر في البحيرة.

ولمزيد من المعلومات راجع (Jorgenson et al., 1999; Joergenson 1982 a,b).

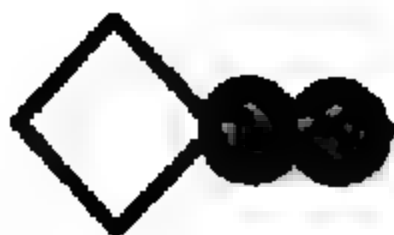
وتستخدم الكتلة لوحدة المساحة في الأنظمة البيئية البرية في تطبيق قوانين بقاء الكتلة حيث تناسب المواد عبر السلاسل والشباك الغذائية.

إن الغذاء الذي يتم الحصول عليه في أحد مستويات السلسلة الغذائية يستخدم في التنفس والنمو والتكاثر، فضلا عن العمليات الإخراجية ويعنى النمو والتكاثر صافى الإنتاج ومن ثم فيمكن أن نقرر:

$$\text{net production} = \text{intake of food} - \text{respiration} - \text{excretion} - \text{wasted food} \quad \dots(5)$$

الإنتاج الصافى = الغذاء المستخدم - التنفس - الإخراج - فضلات الغذاء

ويطلق على معدل صافى الإنتاج بالنسبة إلى الغذاء المستخدم «صافى الفاعلية» "Net Efficiency" ويعتمد صافى الفاعلية على العديد من العوامل ولكنه لا يتجاوز ١٠-٢٠٪ أي نسبة صافى الإنتاج إلى الغذاء المستهلك لا تتجاوز ١٠-٢٠٪. ومن المعروف أن المواد السامة لا تفقد في الكثير من الأحوال أثناء التنفس أو الإخراج مثل المركبات الغذائية الطبيعية، ومن ثم فإن صافى الفاعلية للمواد السامة أعلى من صافى الفاعلية للغذاء الطبيعي ومن أمثلة ذلك مركب DDT حيث يتعاطم تركيزه في أجسام الكائنات الحية في المراحل المتتالية من



السلاسل الغذائية ومن أهم أسباب ذلك قابلية DDT والمركبات الشبيهة للذوبان في الأنسجة الدهنية للأجسام الحية ولا تكون مجموعات الكائنات الدقيقة قادرة على تفكيكها Non- Biogoadable ومن ثم فإنها تخرج من الجسم ببطء شديد وتتراكم في محيط البيئة.

إن مبدأ حفظ الطاقة والذي يسمى القانون الأول للديناميكا الحرارية بدأ من خلال ملاحظات Rumford عام ١٧٧٨ حين لاحظ الكم الكبير من الحرارة الذي يظهر عند عمل ثقب في جسم معدني، وافترض أن طاقة الشغل الميكانيكي تتحول إلى حرارة بواسطة الاحتكاك وبناء على ذلك افترض Rumford أن الطاقة الحرارية تظهر نتيجة تحول أنواع أو أشكال أخرى من الطاقة.

وفي عام ١٨٤٣ صاغ الكيميائي المعروف J. P. Joule علاقة رياضية بين كم الحرارة المنبعث والطاقة الميكانيكية المشتة.

وأخيرا اكتشف فزيائيان ألمانيان، هما Mayer و Helmholtz أنه «عند تمدد الغاز فإن الطاقة الداخلية للغاز تقل بدرجة تتناسب مع كم الشغل المبذول»، وقد أدى هذا إلى صياغة القانون الأول للديناميكا الحرارية والذي ينص على أن «الطاقة لا تفنى ولا تخلق من العدم» وإذا ما افترضنا أن الطاقة الداخلية (ميكانيكية أو كهربائية أو كيميائية ... إلخ) لأي نظام هي "U"، فإن:

$$dQ = du + dw \text{ (ML}^2 \text{ T}^{-2}\text{)} \text{..... (6)}$$

حيث

* الطاقة الحرارية التي أضيفت إلى النظام = dQ

* الزيادة في الطاقة الداخلية للنظام = du

* الشغل المبذول بواسطة النظام في بيئته = dw

ويخضع تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية في عملية البناء الضوئي للنبات مباشرة إلى القانون الأول للديناميكا الحرارية، وبالنسبة للمستوى التالي في السلسلة الغذائية (الحيوانات آكلة النبات)، فإنه يمكن التعبير عن توازن الطاقة بالعلاقة الآتية:



$$F = A + UD = G + H + UD, (ML^2 T^{-2}) \dots\dots\dots (7)$$

حيث

F = كم الغذاء المستهلك محولا إلى وحدة طاقة (جول)

A = الطاقة المثلة من الغذاء

UD = الغذاء غير المهضوم أو الطاقة الكيميائية للفضلات

G = الطاقة الكيميائية اللازمة لنمو الحيوان

H = طاقة التنفس الحرارية

ويتطلب تطبيق العلاقة السابقة تحويل كم الغذاء المستهلك (كتلة) إلى وحدات طاقة، وقد وجد أن محتوى الطاقة للمركبات العضوية يتراوح من ١٦ إلى ٢٤ كيلو جول / جرام، ومن ثم فإنه يمكن تطبيق العلاقة السابقة بشكل مباشر على الكائنات الحية.

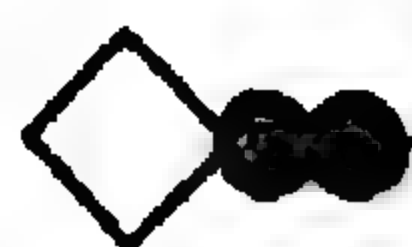
هناك علاقة بين معدل انسياب الطاقة وحجم الكائن الحى، فالنظام البيئى يحتوى على الكائنات الحية التى تتفاوت فى أحجامها من الميكروبات غير المرئية بالعين المجردة، حتى الأشجار الضخمة والثدييات كبيرة الحجم. الكائنات الصغيرة تستهلك كمًا كبيرًا من الطاقة للتنفس، بينما تكون الكائنات الكبيرة الجزء الأكبر من الكتلة الحيوية.

يمكن وصف العمليات البيئية على أنها القوى المحركة أو الناقلة للحركة (X) Driving Force متزنة بقوة الاحتكاك التى تنمو متناسبة مع معدل الانسياب (J) Rate of Flow، ومن ثم يوجد توازن فى القوى

$$X = R J \dots\dots\dots (8)$$

حيث: R هى المقاومة

ويمكن بسهولة ملاحظة أن المعادلة رقم (٨) تتوازي مع قانون أوم الشهير Ohm's law والذي ينص على أن $[L = \frac{1}{R}]$ ، حيث "L" تشير إلى التوصيل Conductivity، ويمكن صياغة المعادلة القادمة (معادلة ٩) طبقا لقانون



Onsager, 1931 الذى ينص على أن $(L_{ij} = L_{ji})$ ، مغطيا التوصيل لمكونين متفاعلين Two Interacting Components .

$$J = LX \text{ ----- (9)}$$

ويمكن وصف ديناميكية الأهلات (العشائر) بنفس الطريقة، على سبيل المثال فإن الأيض J لعشيرة تعدادها N هو:

$$J = LN \text{ ----- (10)}$$

والانسياب هنا هو انسياب الغذاء فى السلاسل الغذائية معبرا عنه فى وحدات مثل كم الكربون لكل متر مربع لوحدة الزمن فى نظام بيئى معين، أما القوى فهى دالة تركيز المركبات العضوية والكتلة الحيوية

الطاقة هى القوى المحركة للأنظمة البيئية، ولكنها تنساب بمعدلات مختلفة فى الأنظمة البيئية المختلفة، ومن ثم فإن هناك قيما مختلفة لمكافئ الطاقة الشمسية فى المناطق المختلفة، ويجب توحيدها للوصول إلى مكافئ واحد على مستوى الكرة الأرضية (Odum, 1983).

يمكن اعتبار قانونى حفظ الطاقة والكتلة محددين للعمليات فى النظام البيئى حيث إن فحوى القانونين هو أن «لا شئ يأتى من لا شئ» وتخضع جميع النماذج البيئية لذلك المبدأ.

يجب تضمين مبدأى حفظ الطاقة والمادة فى معادلات النمو البيئى، على سبيل المثال فى معادلة ميشيل - ميتتون Michaelis - Menten's

$$\lambda = \lambda_{\max} S / (K_m + S) \text{ ----- (11)}$$

حيث

* العامل المحدد «مثل تركيز المواد الغذائية فى التربه بالنسبة للنبات» $S =$

* معدل النمو $\lambda =$

* الحد الأعلى لمعدل النمو $\lambda_{\max} =$

* ثابت ميشيل - ميتتون $K_m =$

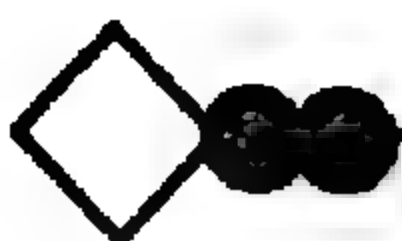


يتضمن قانون بقاء المادة وجود حدود للكتلة الحيوية لوحدية المساحة أو الحجم، وتظهر كتلة حيوية جديدة عندما تنعدم أو تقل العوامل المحددة لنمو الكتلة الحيوية، فعلى سبيل المثال تحتاج الهوام النباتية Phytoplanktons إلى عنصر الفسفور كأحد المغذيات الضرورية لنموها وتحتوي أجسامها على حوالى ١٪ من الوزن من عنصر الفسفور، ولكن تركيز الفسفور فى الطبيعة يتراوح بين ٤ و ٠.٢٪ إلى ٥، ٢٪ وهذا يعنى أنه فى حالة وجود الفسفور فى الطبيعة بتركيز يعادل الحد الأدنى (٤، ٢٪) فإن نمو الهوام النباتية يتوقف حيث إن الفسفور هنا هو أحد العوامل المحددة لنمو الهوام ولا تنمو الكتلة الحيوية (الهوام فى هذه الحالة) إلا فى حالة ارتفاع تركيز الفسفور.

إن الأنظمة البيئية الناضجة أو تامة النمو Developed or Mature Ecosystems تحتوى على نسب صغيرة من المغذيات غير العضوية (التي تستخدم لإنتاج الكتلة الحيوية النباتية) حيث إن معظم المغذيات غير العضوية قد استخدمت أصلا لبناء الكتلة الحيوية فى المراحل السابقة لنمو الأنظمة البيئية، ومن ثم فإن نمو واستمرار مثل هذه الأنظمة يعتمد على دورات المغذيات، وهذا يؤكد الاعتماد المشترك لمكونات النظام البيئى على بعضها البعض.

هناك أربع خصائص تميز الأنظمة البيئية من حيث مبدأ حفظ الطاقة والمواد وتلك الخصائص هى:-

- ١- هناك أربعة بنىات للمادة يمكن أن نميزها فى المحيط الحيوى بتطبيق مبادئ حفظ الطاقة والكتلة وهى البنية الصلبة (اليابسة) Lithosphere، والبنية الغازية (الغلاف الجوى) Atmosphere، والبنية السائلة (الغلاف المائى) Hydrosphere، والحالة الحية (الغلاف الحيوى) Biosphere، ويمكن أيضا أن نضيف حالة خامسة وهى (الغلاف التكنولوجى) Technosphere، و(الغلاف المعلوماتى - سيمايوسفير) Semiosphere.



٢- جميع الأنظمة لها القدرة على التماسك أو الترابط (التفاعل)، وهذا الترابط يمكن أن يكون ترابطا متحفظا يتضمن تبادل المواد Substane Exchange أو غير متحفظ أى يتضمن تبادلا للمعلومات Information Exchange.

٣- يمكن وصف نموذج كوني بعدى Universal Metamodel لتغير النظام حيث يمكن الوصول من خلال النموذج إلى ديناميكية لسلوك النظام Behavioral Dynamics عن طريق تحديد العلاقة بين المدخلات Inputs (الظروف الخارجية) المحيطة بالنظام والحالة الموجود عليها النظام State وما يترتب على دخول تلك المدخلات من تغير لديناميكية النظام (المخرجات- Out Puts). وبصفة عامة توجد حالتان أساسيتان فى الفراغ وهما الحالة المادية أو الأشياء غير الحية التى تستجيب بشكل مباشر إلى المدخلات الفيزيائية والحالة المعنوية أو الحالة الحية وهى تستجيب إلى الظواهر المعتمدة أو المتوقعة على المدخلات الفيزيائية.

٤- الوقت يحفظ أو الزمن لا ينعدم (طبقا للقانون الثانى للديناميكا الحرارية ولكن الزمن يتحرك بشكل غير عكسى) والفراغ يحفظ أيضا بشكل محلى Space is conserved locally.

١٠- رموز أودام Odum's Symbols:

أعطى Odum et al عام ٢٠٠٠ (Odum et al., 2000) بعض النقاط والمبادئ الأساسية اللازمة للدراسة حركة الطاقة فى النظام البيئى، وسوف نعطي موجزاً لبعض تلك النقاط والمبادئ بعد التعرف بالرموز التى وضعها (Odum et al., 2000) للتعبير عن مسارات وديناميكية الطاقة فى الأنظمة البيئية.

رموز أنظمة الطاقة Energy Systems Symbols:

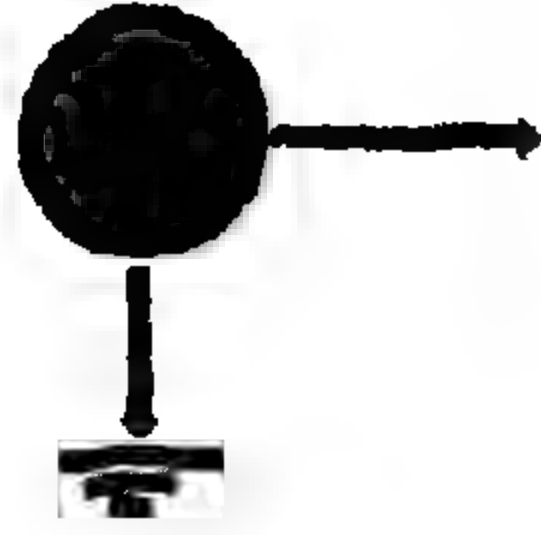
أ- إطار النظام Systems Frame: مستطيل يمثل حدود النظام المختار.



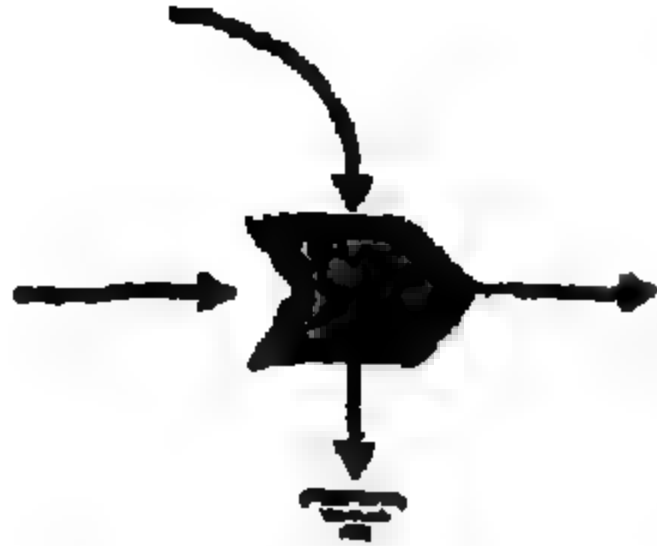
ب - خط مسار الطاقة Pathway Line: يشير إلى اتجاه الطاقة والمواد بسهم.



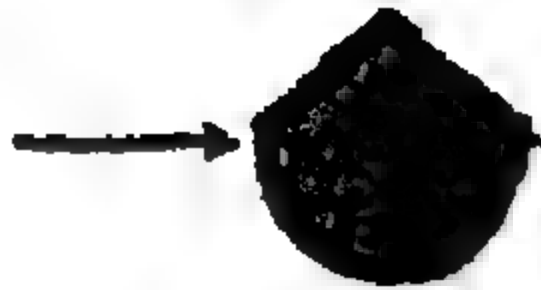
ج - مصدر للطاقة Energy Source:



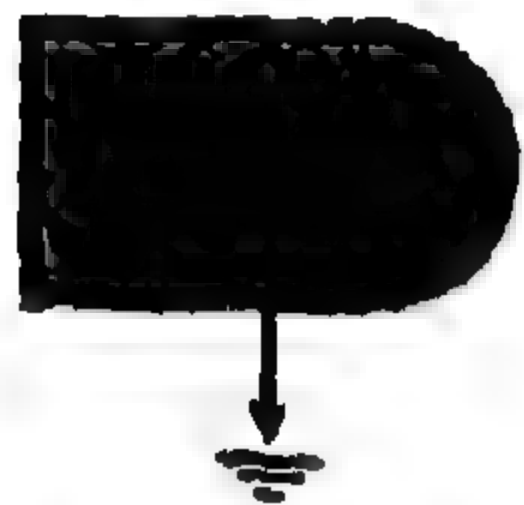
د- تفاعل Interaction: عمليات تربط اتحاد أنواع مختلفة من انسياب الطاقة لإنتاج مخرجات طاقة أعلى في الجودة.



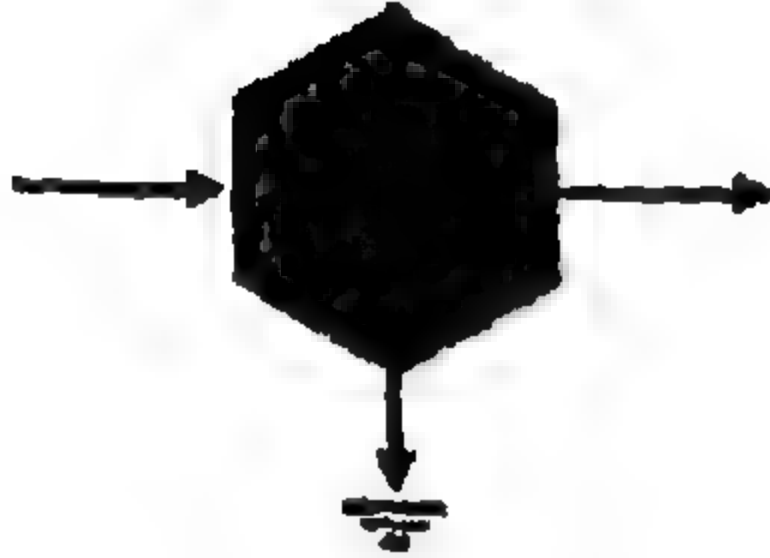
هـ - تخزين Storage: مكون لتخزين الطاقة داخل النظام.



و - منتج الطاقة Producer: وحدات تحويل وتركيز الطاقة الشمسية.



ز - مستهلك Consumer: يستهلك الطاقة التي تم تحويلها وتركيزها.

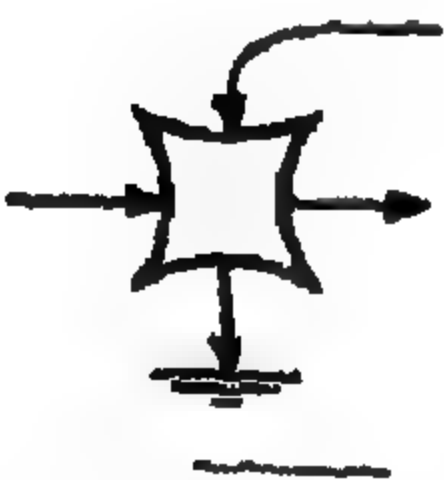


ح - تعامل Transaction: وحدة لتبادل البضائع أو

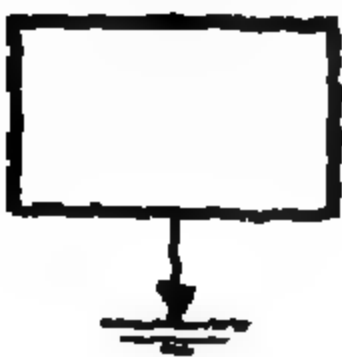
الخدمات (خط غير متقطع)، من أجل المال (خط متقطع).



ط - عملية تبديل Switching Action: رمز لتحديد وظائف بداية وتغير اتجاه انسياب الطاقة.



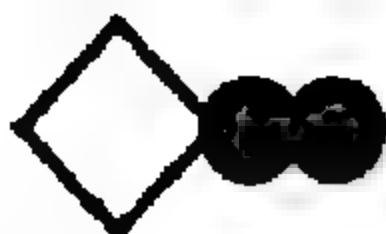
ي - صندوق Box: رمز متعدد الدلالة لوحدة ووظائف مختلفة.

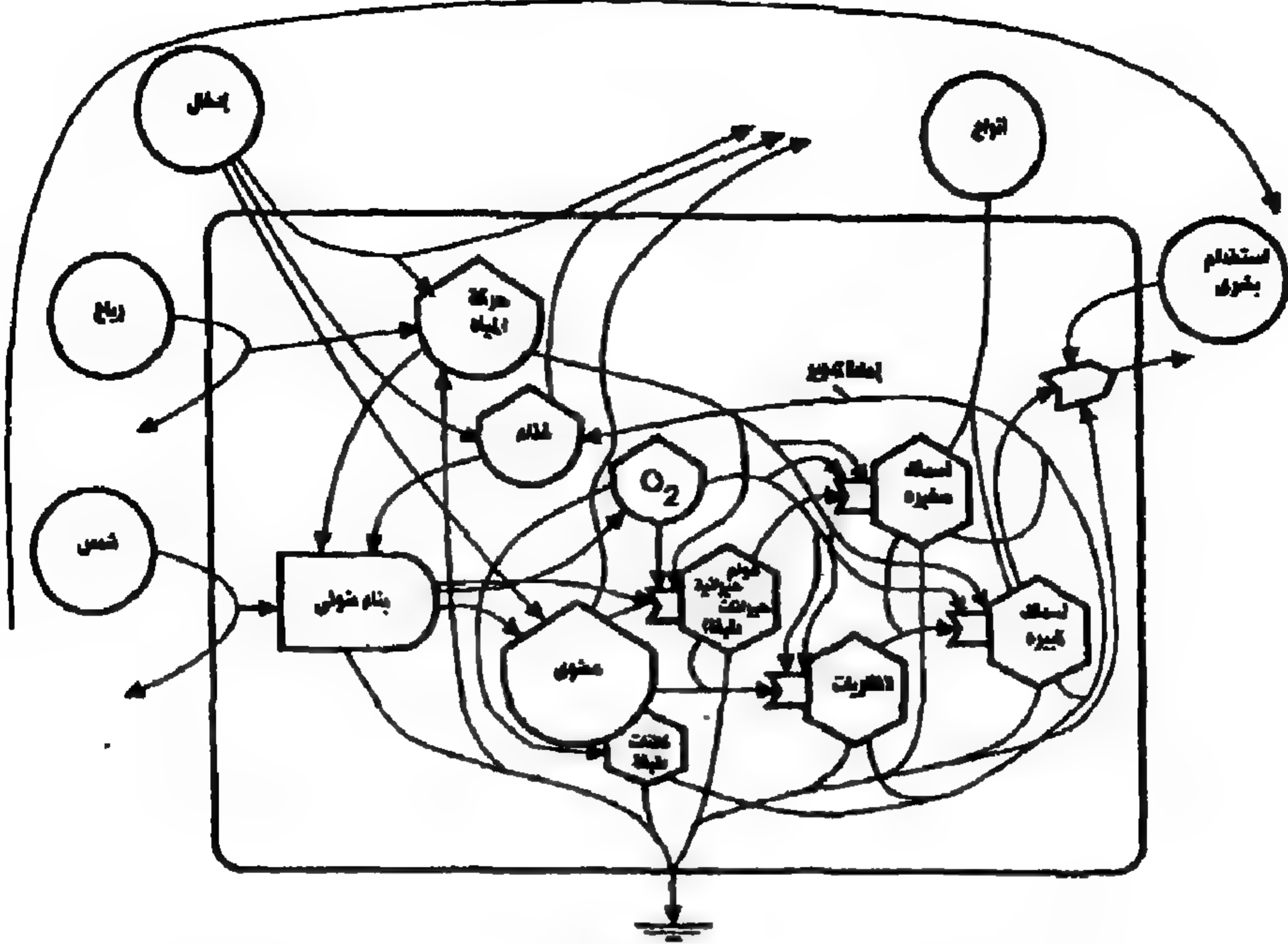


١١- أسس دراسة حركة الطاقة في النظام البيئي:

يعطى شكل (١٦) شكلاً توضيحياً لنظام بيئي بري ومائي نموذجي وقد تم استخدام الرموز التي وضعها (Odum et al., 2000) لإيضاح حركة الطاقة في النظام. وسوف نعطى في النقاط التالية ملخصاً لبعض النقاط والمبادئ الأساسية اللازمة لدراسة ديناميكية انسياب الطاقة في النظام البيئي (الموضحة في شكل ١٦)، والتي يمكن تلخيصها فيما يلي:-

- (١) تعريف ووضع إطار لتغيرات الطاقة المطلوب دراستها.
- (٢) يتم اختيار حد (Boundary) لتعريف مدخلات الطاقة.
- (٣) الكيانات الصغيرة يتم تجميعها، على سبيل المثال يمكن الإشارة إلى عمر واحد للطاقة لجميع الكائنات الدقيقة.
- (٤) حركة انسياب الطاقة المشار إليها بالأسهم يمكن أن تشمل أو لا تشمل على مرور المواد والمعلومات.
- (٥) يعبر عن المصدر الكلي المتاح لمنطقة ما، وهو مجموع مدخلات الطاقة مجتمعة بلفظ "Emergy" بدلاً من "Energy". وقد عرف لفظ Emergy (إيمرجي) على أنه كمية الطاقة (من نوع واحد) المستخدمة بشكل مباشر أو غير مباشر لإنتاج انسياب في الطاقة أو تخزينها في منتج (Odum, 1983, 1996; Odum et al., 2000) (راجع شكل ١٦). وقد اعتبر العلماء أن «الإيمرجي» Emergy هي ذاكرة الطاقة، ووحدة «الإيمرجي» Emergy هي الإيميجول Emjoule أو الإيميكالوري Emcalorie. وللمزيد من المعلومات حول سبب استخدام اصطلاح إيمرجي Emergy لدراسة انسياب وتحويلات الطاقة في الأنظمة البيئية يمكن الرجوع إلى: Odum, 1983, 1996; Scienceman, 1987; Odum et al. 2000.



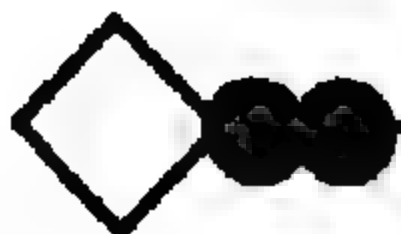


شكل (١٦): شكل توضيحي نمطي لنظام بيئي بري أو بحري
عن (Odum et al., 2000)

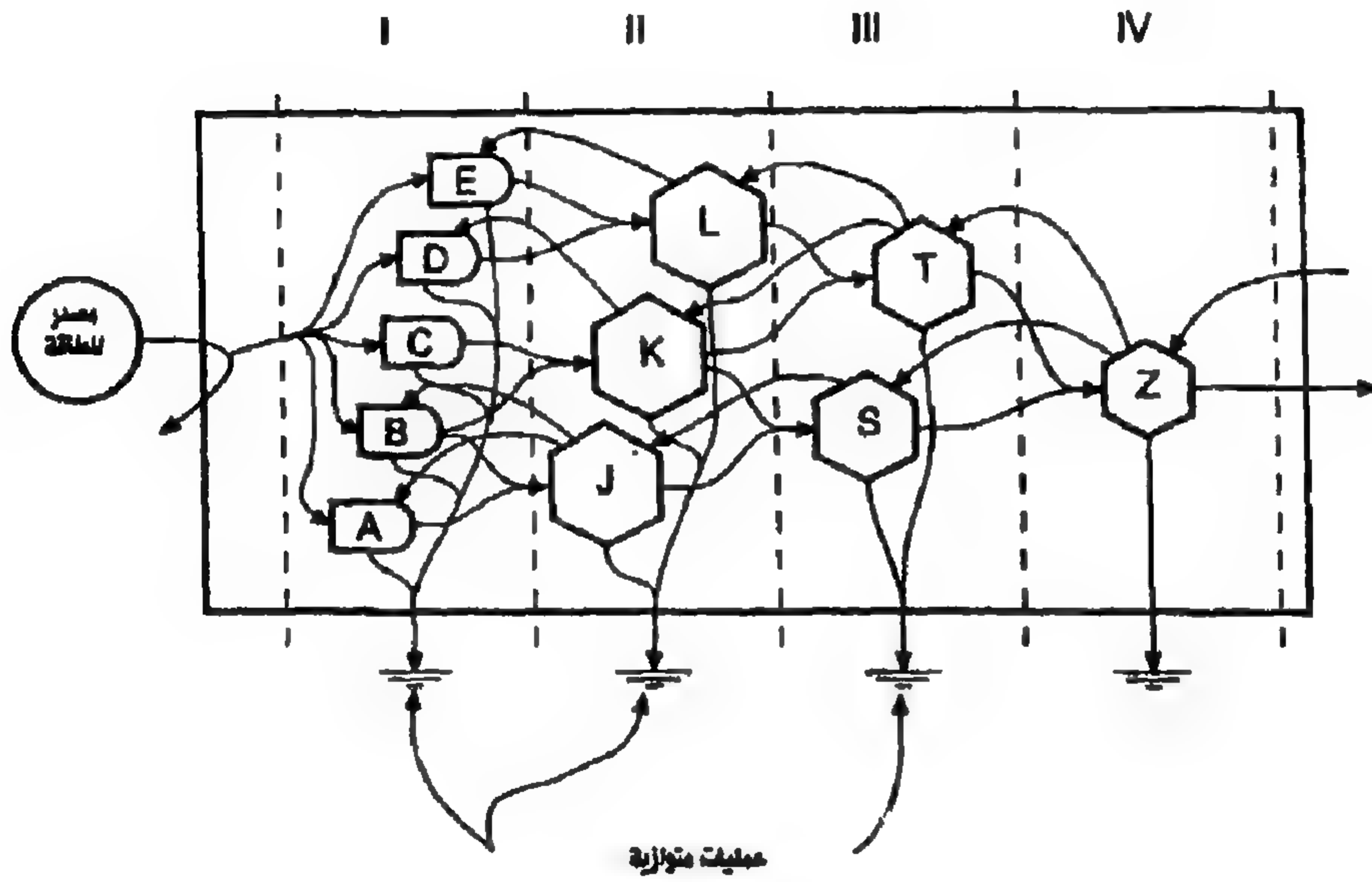
تسلسل (تصاعد - هرمية) الطاقة Energy Hierarchy:

ترتبط العمليات الجيولوجية والغلاف الجوي والأنظمة البيئية والمجتمعات البشرية ومجتمعات الكائنات الحية، ترتبط كل تلك المكونات بمصدر واحد للطاقة (الشمس)، وتلك المكونات تتبادل الطاقة فيما بينها، فكل من تلك الكيانات يستقبل الطاقة والمكونات من الآخر وجميع المكونات تتنظم بشكل تلقائي عبر الزمن والفراغ وطريقة الاتصال.

حيث إن كل شيء يحتوى على طاقة بما في ذلك المعلومات (راجع المعلوماتية في النظام البيئي - الفصل السابع)، وحيث إن كل عمليات النظام البيئي تشمل على تحولات في الطاقة، ولما كان النظام البيئي (كما ذكرنا في الفصل الثاني) يتسم بالتسلسل أو الطباقية، فإن الطاقة في النظام البيئي تتحرك بشكل متدرج، فالطاقة في النظام البيئي يمكن أن توجد على شكل شبكة (شكل ١٧).



وسوف نعطي مثالاً مبسطاً لتوضيح ذلك: خلايا الأوراق في النبات تجمع الطاقة لتمد بها جذع الشجرة للنمو، وتدخل الشجرة في السلاسل الغذائية حيث تتحول لتعطي منتجاً نهائياً يحتوي على كم من الطاقة «أقل» من محتوى الطاقة الأصلي للشجرة وهذا يعني أن الشجرة تقع في مستوى أعلى في التسلسل الهرمي للطاقة عن الكائنات المغذية عليها. . . . وهكذا يمكن أن تدرك وجود تسلسل هرمي (من الأكبر إلى الأصغر) في حركة وانسياب وتوزيع الطاقة في النظام البيئي (راجع رموز أودام وشكل ١٧).



شكل (١٧): مستويات التسلسل في الطاقة: ويوضح الشكل شبكة للطاقة توضح العمليات الموازية والمستويات المختلفة للطاقة
عن (Odum et al., 2000).



- مراجع مختارة:

أولاً المراجع العربية:

- محمد محمد الشاذلي (٢٠٠٠): مبادئ علم بيئة الحشرات، الدار العربية للنشر - مصر.

- محمد محمد الشاذلي؛ على على المرسى (٢٠٠٠): علم البيئة العام والتنوع البيولوجي - دار الفكر العربي - مصر.

ثانياً، المراجع الأجنبية:

Barry, R.G. 1969. The world Hydrological Cycle: 11-29. In R.J. Chaorley (ed.) Water. Earth, and Man-Barnes and Nobil New York.

Bolin, B, 1983. The Crbon Cycle In Bolin, B and Cook (Eds) The Major Biogeochemical Cycles and their interactions Scope- 21 John Wiley.

Chapman, J.L. and M.J. Reiss. 1995. Ecology: Principles and Applications Cambridge Low Pice Edition.

Cummins, K.W. 1974. Structure and function of stream ecosystem. Bioscience 14:631-641.

Elton, C. 1927. Animal Ecology. Metuen (Reprinted 1971).

Foucart, A. and Lecoq, M. 1998. J. Insect conservation 2:187-193.

Gribbin, J. 1988. The Greenhouse Effect. New Scienist Inside Science 22 October: 1-4.

Hoekstra, J. M. 1998. J. Insect conservation 2:179 - 185.

Jorgensen, S. E., 1976. Aeutrophication modei for a lake. Ecol. Modelling 2: 147-165.



- Jorgensen, S. E., 1982a.** A holistic approach to ecological modelling by application of thermodynamics. In: W. Mitsch et al. (Editors). Systems and Energy. Ann Arbor.
- Jorgensen, S. E., 1982b.** Modelling the eutrophication of shallow lakes. In: D. O. Logofet and N. K. Luchyanov (Editors). Ecosystem Dynamics in Freshwater Wetlands and Shallow Water Bodies, Vol. 2. UNEP/SCOPE (United Nations' Environmental Program/Scientific Committee on Pollution of the Environment). Academy of Sciences, Moscow, 125-155.
- Jorgensen, S. E., 1988.** Fundamentals of ecological modeling (2nd. Ed.). Amsterdam (Elsevier).
- Jorgensen, S. E., 1995.** The growth rate of zooplankton at the edge of chaos: ecological models. J. Theor. Biol. 175 : 13-21.
- Jorgensen, S. E., Mejer, H. F. and M. Friis, 1978.** Examination of a Lake Model. Ecological Modelling 4:253-279.
- Jorgensen, S. E., 2000.** A general outline of Thermodynamic approaches To ecosystem Theory- In Jorgensen, S.E. and Muller, F. (eds.) Handbook Publishers. Boca Raton London New York Washington, D.C.
- Jorgensen, S. E., Patten, B. C. and M. Straskraba, 1999.** Ecosystem emerging: 4. Growth. Ecol. Modelling (In press).
- Odum E. P., C. E. Connell and L. B. Davenport. 1962.** Population energy flow of three primary consumer components of old field ecosystem. Ecology 27: 55-112.



Odum, H. T. 1957. Trophic structure and productivity of silver springs. *Florida Ecol. Monogr.* 17:55-112.

Odum, H. T. 1983. *Systems Ecology.* John Wiley Sons.

Odum, H. T. 1996. *Environmental accounting. Emergy and environmental decision making* John Wiley Sons.

Odum, H. T. 1997. *Ecology: A bridge between Science and society.* Sinauer associates, Inc. USA.

Odum, H. T., M. T. Brown and S. Ulgiati. 2000. Ecosystem as energetic system, In S. E. Jorgensen and F. Muller (eds.) *Handbook of ecosystem theories and management*, pp: 281-302. Lewis Publisher. USA.

Onsager, L. 1931. Reciprocal relations in irreversible Processes, I. *Phys. Rev.*

Pain, S. 1988. How The Heat Trap Will Wreak Ecological Havoc. *New Scientist* 15 October- 22.

Patten, B. C. (Ed.). 1971. *Systems analysis and simulation in ecology.* Vol. 1. New York.

Patten, B. C. (Ed.). 1972. *Systems analysis and simulation in ecology.* Vol. 2. New York.

Patten, B. C. (Ed.). 1975. *Systems analysis and simulation in ecology.* Vol. 3. New York.

Patten, B. C., 1982. Environs: relativistic elementary particles for ecology. *Am. Nat.* 119:179-219.

Patten, B. C., 1991. Network ecology: indirect determination of the life-environment relationship in ecosystems. In: M. Higashi and T. P. Burns (Eds). *Theoretical Studies of*



- Ecosystems: The Network Perspective.** Cambridge University Press, 288-351.
- Patten, B. C., 1992.** Energy, emergy and environs. *Ecol. Modelling* 62:29-70.
- Patten, B. C., M. Straskraba, and S.E. Jorgensen. 1997.** Ecosystem Emerging: 1. Conservation. *Ecol. Modeling* 96: 221-284.,
- Peel, D.A. (1989).** Ice-age Cluse For Warmer Word. *Nature* 339: 508-509.
- Philipson, 1966.** Ecological energetics, Arnold London.
- Price, P. W. 1984.** Insect Ecology. John Wiley Sons. USA.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1985.** Plant Physiology. Wades-worth Belmont.
- Searl, C. 1987.** Wetter Weather Inked To Greenhouse Effect. *New Scientist* July. 27.
- Scienceman, D., 1987.** Energy and Emergy. In Pillet, G. and T. Murota (eds.) *Environmental Economics*, Toland Leimgruber, Geneva.
- Simmons, I. G. 1981.** The Ecology of Natural Resouces. 2n Edition. Edard Arnold. London.
- Stiling, P. 1992.** Introductory Ecology. Prentice Hall, Inc.
- Strcit, B. 1995.** Experientia15:425-436.
- Teal, J. M. 1962.** The Energy Flow in Small Marsh Ecosystem of Georgia. *Ecology* 43: 614-624.



Transeau, E. N. 1926. The Accumulation of Energy By Plants
Ohio J. Science. 26: 1-10.

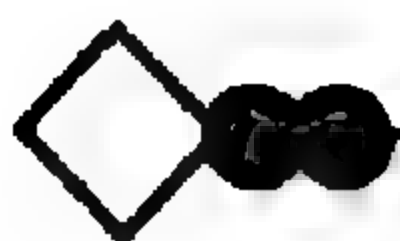
Van Der Leeden, F. 1975. Water Resources of the World. Lected
Statistics. Water. Information Center, Port Washington. N. Y.

Van Hylchama, T.E.A. 1975. Water Resources: 147-165. In land,
Mass.

Varley, G.G. 1970. The Concept of Eneqry Folw Applied To a
Woodland Community In Watson A. (Editor). Animal
Population in Relation To The Food Resources. A Symp. Of.
Britrish. Ecological Socitey. Blakwell Scientific Publication.
Oxford.

Whittaker R. H. 1975. Communities and Ecosystems Mac Millan,
New York.

Wiegert, R. L. and Fic. Evans 1967. Investigations on secondary
productivity in grass londs. In K. Petruseqicz (ed.) secondary
productivity in terrestrial ecosystem: 499-518. Insdect Ecol.
Polish Acad. Sci. Warsaw.



الفصل الخامس

حركة العناصر في النظام البيئي وتأثير الكرة الأرضية



١- الدورات البيوجيو كيميائية

أ- دورة التروجين

ب - دورة الفسفور

ج- دورة الماء

- بذل مصادر المياه

- الماء الجارى

د - دورة الكربون

هـ - تأثير الصوبة النباتية

٢ - مصادر وعناصر أخرى تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض

أ- الميثان

ب- أكسيد النيتروز

ج- الأوزون

د- الكلور فلور كربونات

هـ - تغير المناخ

- مراجع مختارة

١- الدورات البيوجيوكيميائية: Biogeochemical Cyclings

تختلف دورات المواد الكيميائية فى النظام البيئى عن حركة أو سريان الطاقة. لأن تحول الطاقة من صورة إلى صور أخرى يصاحبه «فقد» فى جزء من الطاقة، أما المواد الكيميائية فلا تعاني من «الفقد» عندما تتحول من شكل إلى شكل آخر أثناء مرورها فى السلاسل الغذائية، فنجد أن تحول المواد الكيميائية من أنسجة نباتية إلى أنسجة حيوانية لا يصاحبه أى فقد فى كم هذه المواد، وبالمثل لا يحدث أى فقد فى الكم عند تحليل المواد العضوية إلى عناصر بسيطة. وخلاصة القول أن الطاقة تسرى فى اتجاه واحد أما حركة المواد الكيميائية فتتخذ شكل دورات.

تعتبر العديد من الدورات البيوجيوكيميائية مثل دورة المياه أو الكربون أو النتروجين أو الفسفور... إلخ ذات أهمية بالنسبة لعلم البيئة; (Bolin et al, 1979; Bolin, 1981; Wood Well, 1984; Bolin and Kook, 1983; Ivanov and Frener, 1983) بالإضافة إلى دورات المواد الكيميائية التى يضيفها الإنسان للبيئة مثل المبيدات الحشرية ومخصبات التربة حيث تتداخل هذه المواد مع الدورات الطبيعية.

أ- دورة النتروجين: Nitrogen Cycle

تعتبر دورة النتروجين من الدورات الهامة فى النظام البيئى نظراً لأن عنصر النتروجين يدخل فى تركيب الأحماض الأمينية والبروتينات التى تعتبر العناصر الأساسية فى جميع أشكال الحياة، ومن ثم يعتبر النتروجين من العوامل التى تحد من نمو النبات. وقد أعطى (Delwiche, 1970) معلومات تفصيلية عن دورة النتروجين فى الطبيعة ويمكن تلخيص دورة النتروجين كما يلى:

يتحول النتروجين الجوى إلى مركبات نتروجينية بواسطة البرق والتثبيت البيولوجى Biological fixation والعملية الأخيرة هى تحول النتروجين إلى أحماض

أمينية ونيترات يمكن أن تستعين بها الكائنات الحية ويشتمل التثبيت البيولوجي للتروجين على عدة خطوات أو مراحل (شكل ١) يمكن تلخيصها فيما يلي:

تثبيت النتروجين، Nitrogen Fixation

يتحول النتروجين إلى أمونيا بواسطة بكتيريا التربة مثل *Chostridium*, *Azotobacter* وبعض الطحالب الخضراء المزرقة التي تعيش في الماء مثل طحالب *Nostoc*, *Anabaena* بالإضافة إلى البكتيريا التكافلية مثل بكتيريا العقد الجذرية *Rhizobium* التي ترتبط بالبقوليات. وفي الحقيقة، فإن جميع النتروجين الذي يستخدمه النبات يأتي من الأمونيا التي تقوم أنواع معينة من البكتيريا بتخليقها من النتروجين الجوي (التثبيت البيولوجي للنتروجين)، فالنبات لا يستطيع على الإطلاق استخدام النتروجين الجوي لبناء الأنسجة والأحماض الأمينية والنمو، بالرغم من أنه يكون ٨٠٪ من الغلاف الجوي، ومن هنا تتضح أهمية استخدام الأسمدة النتروجينية لمساعدة النبات على النمو.

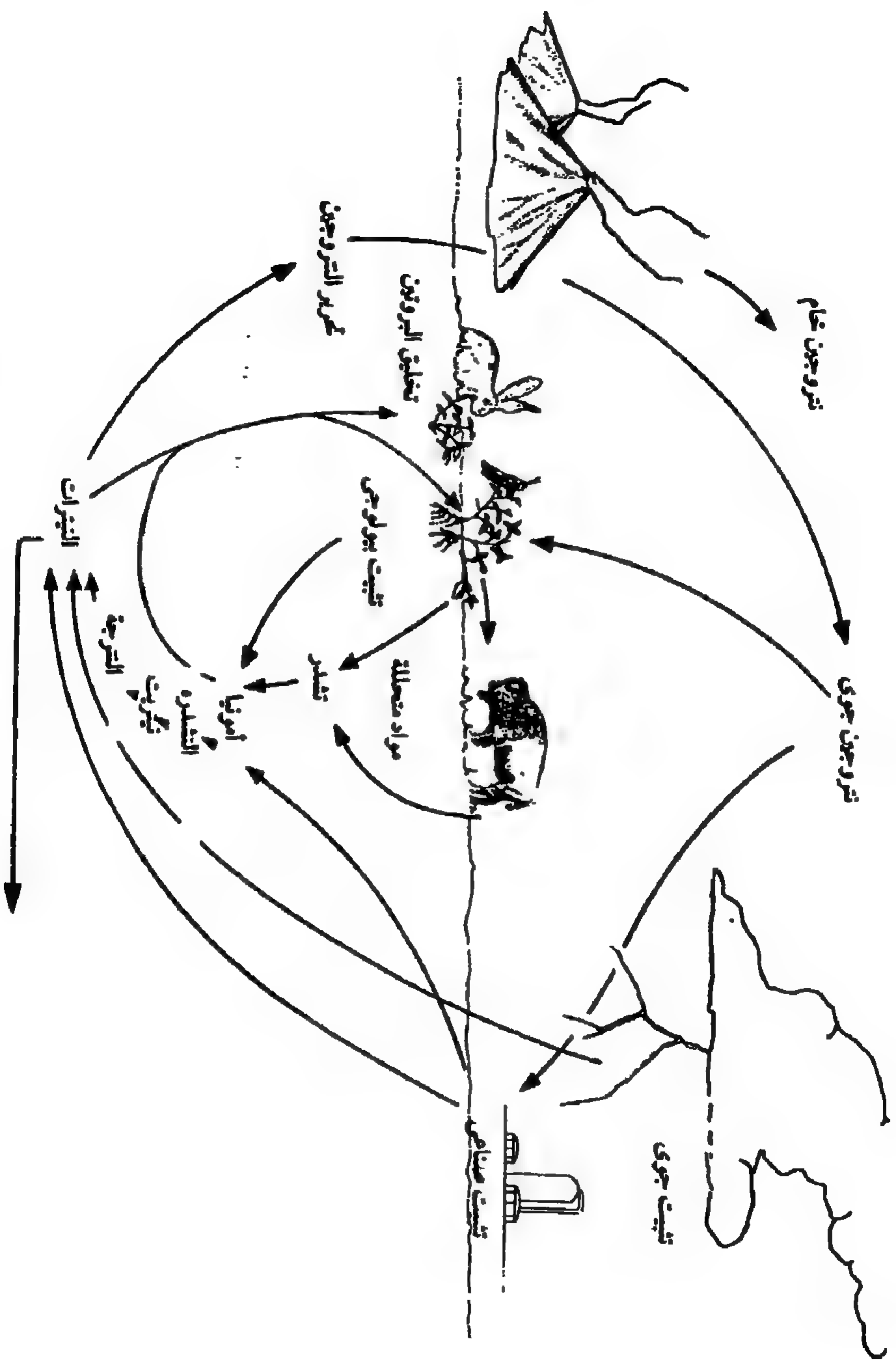
النيترة (النترجة)، Nitrification

تم أكسدة الأمونيا بواسطة البكتيريا إلى حامض النيتروز (الذي يكون أملاح النيتريت) ثم إلى حامض النيتريك والنترات.

من المعروف أن البكتيريا ذاتية التغذية من جنس *Nitrosomonas* تحصل على الطاقة من خلال أكسدة الأمونيوم إلى نيتريت وهذا التفاعل يعطى ٦٥ كيلو كالورى لكل مول من الأمونيوم. وتحصل البكتيريا من جنس *Nitrobacter* على الطاقة عن طريق أكسدة النيتريت إلى نترات. وتعتبر النترات من أهم مصادر النتروجين المتاحة للنبات؛ لأن أيونات النترات لا تمتزج مع جزيئات التربة مما يساعد النبات على سهولة امتصاصها. بينما تميل جزيئات الأمونيوم إلى الامتزاج مع جزيئات التربة (Price, 1984) تمتص النباتات أيونات الأمونيوم أو النترات لاستعمالها في تخليق الأحماض الأمينية في عملية البناء الضوئي ثم تتغذى الحيوانات على النباتات وتستمر دورة النتروجين في اتجاهات مختلفة في الشبكة الغذائية.

وبعد موت الحيوانات والنباتات تتحلل المواد العضوية النتروجينية مرة أخرى وتدخل الفضلات النتروجينية التي تخرج من أجسام الحيوانات عمليات التحلل.





شكل (١): دورة النروجين في النظام البيئي البري من (Delwiche, 1970)

النشطرة، Ammonification

يتصاعد النتروجين على شكل أمونيا من المواد العضوية المتحللة وتعرف هذه العملية بالنشطرة أو التحول إلى مركبات نشادرية ويتحول هذا النشادر إلى نترات فى عملية النطرة (الخطوة السابقة).

تحرير النتروجين، Denitrification

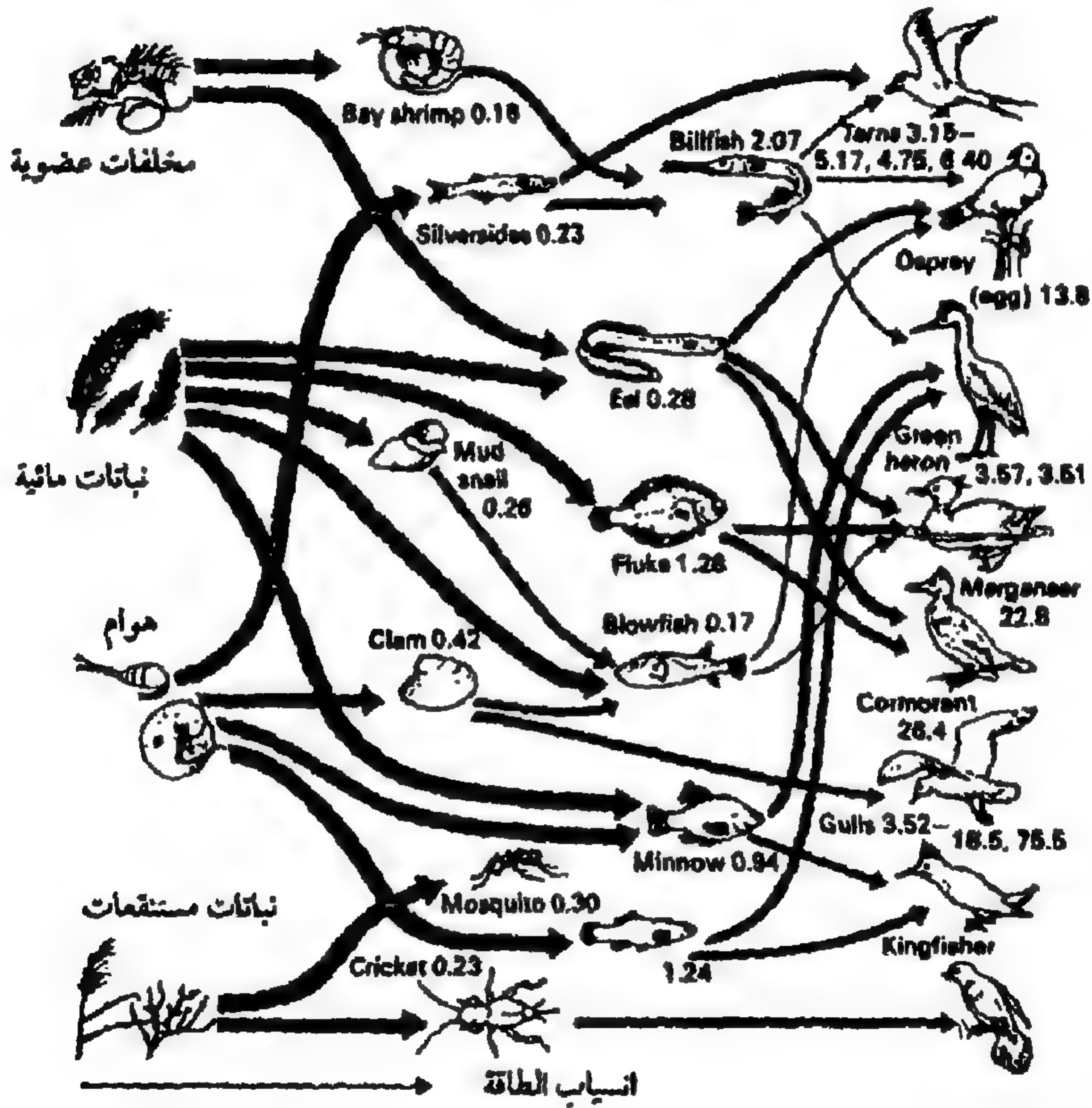
تتكسر مركبات النترات والنيتريت بواسطة البكتيريا المحللة مثل *Pseudomonas denitrificans* ويتصاعد غاز النتروجين الخام مرة أخرى.

ويعتبر النشاط البركانى من المصادر الطبيعية التى تضيف غاز النتروجين إلى النظام البيئى. ويمكن أن يفقد النتروجين من النظام البيئى خلال ترسب الجزيئات المحتوية على النتروجين أو تدفق النترات مع المياه لتصب فى الأنهار أو البحيرات أو حتى البحار المفتوحة. وتجدر الإشارة إلى أن دورة النتروجين فى الطبيعة تتأثر بالمخصبات أو الأسمدة النتروجينية التى تضاف إلى التربة لزيادة معدلات نمو النبات وذكر (Delwiche, 1970) أن التثبيت الصناعى (الأسمدة) يضيف ٣٠ مليون طن متري سنوياً إلى الغلاف الجوى. ومن ناحية أخرى سوف تظل معدلات التثبيت البيولوجى ثابتة والتى تقدر بحوالى ٤٤ مليون طن متري فى البيئة الأرضية و١٠ مليون طن متري فى البيئة المائية والنتيجة هى زيادة الإنتاج الابتدائى الخالص فى النظم الزراعية نتيجة زيادة معدلات نمو النبات وزيادة الإنتاج الثانوى نتيجة لتحسن وزيادة كم الغذاء المقدم للحيوانات المستأنسة ولكن زيادة معدلات تثبيت النتروجين مع بقاء معدلات التحرر Denitrification فى مستوى أقل سوف تؤدى إلى حدوث مشاكل بيئية مثل تلوث الأنظمة البيئية بالإضافة إلى النترات التى تسبب نمو تجمعات الطحالب فى البحيرات وعلاوة على ذلك فإن زيادة تركيز النترات تؤدى إلى تلوث مياه الشرب حيث تكون المياه مميته للأطفال والأغنام إذا تجاوزت نسبة النترات ٣٨ مج/لتر.

تتأثر أهلات العشيات بدورة النتروجين فى النظام البيئى حيث إن النتروجين يعتبر من العوامل التى تحدد أو العوامل المحددة للمستوى الغذائى الثانى حيث إن عمليات الأيض فى اللافقاريات والحشرات تؤدى إلى تركيز النتروجين فى أنسجة الحشرة، وقد وجد أن وزن النتروجين لكل وحدة أنسجة من الحشرة يصل إلى

ضعفى أو أربعة أضعاف وزن التروجين لكل وحدة أنسجة من النبات ومن ناحية أخرى هناك العديد من الشواهد التى تدل على أن نقص التروجين من العوامل المنظمة للأهلات المغذية على الأعشاب (White, 1978).

ويمكن أن تتسرب المبيدات الحشرية التى تذوب فى الماء من الحقول حتى تصل إلى الأنظمة البيئية المائية حيث تحتفظ الكائنات الصغيرة ببعض المركبات مثل مبيد د.د.ت DDT فى الأنسجة الدهنية. وعندما تتغذى الكائنات الكبيرة على هذه الأنواع تحتفظ الأنواع الكبيرة بكميات أكبر من المبيد فى أجسامها ويزداد تركيز هذه المادة السامة مع المستويات الغذائية فى الشبكة الغذائية (شكل ٢) حيث تصل إلى أعلى درجاته فى المفترسات التى توجد فى قمة الشبكة الغذائية.



(شكل ٢): حركة مبيد D.D.T فى جزء من الشبكة الغذائية لتوضيح حركة المبيد. ويلاحظ أن انسياب الطاقة وحركة المبيد تسير فى اتجاه الأسهم ويوضح الشكل تزايد تركيز المبيد (جزء لكل مليون - PPM) فى المستويات الغذائية الأعلى حيث يرتفع فى السمك عن العوالق والنباتات المائية ويرتفع فى الطيور المفترسة عن الأسماك (Woodwell, 1967).

ب- دورة الفوسفور: Phosphorus Cycle

يمكن دراسة الدورات البيوجيوكيميائية باستخدام المواد المشعة وعلى سبيل المثال، تتبع (Whittaker, 1961) دورة الفوسفور في النظام البيئي المائي بإضافة حامض الفسفوريك المكون بالنظير المشع ^{32}P وأوضحت هذه الدراسة النتائج الآتية:

١- تم استعمال النظير المشع ^{32}P بواسطة الهوام البحرية Phytoplanktons بسرعة (شكل ٣-١).

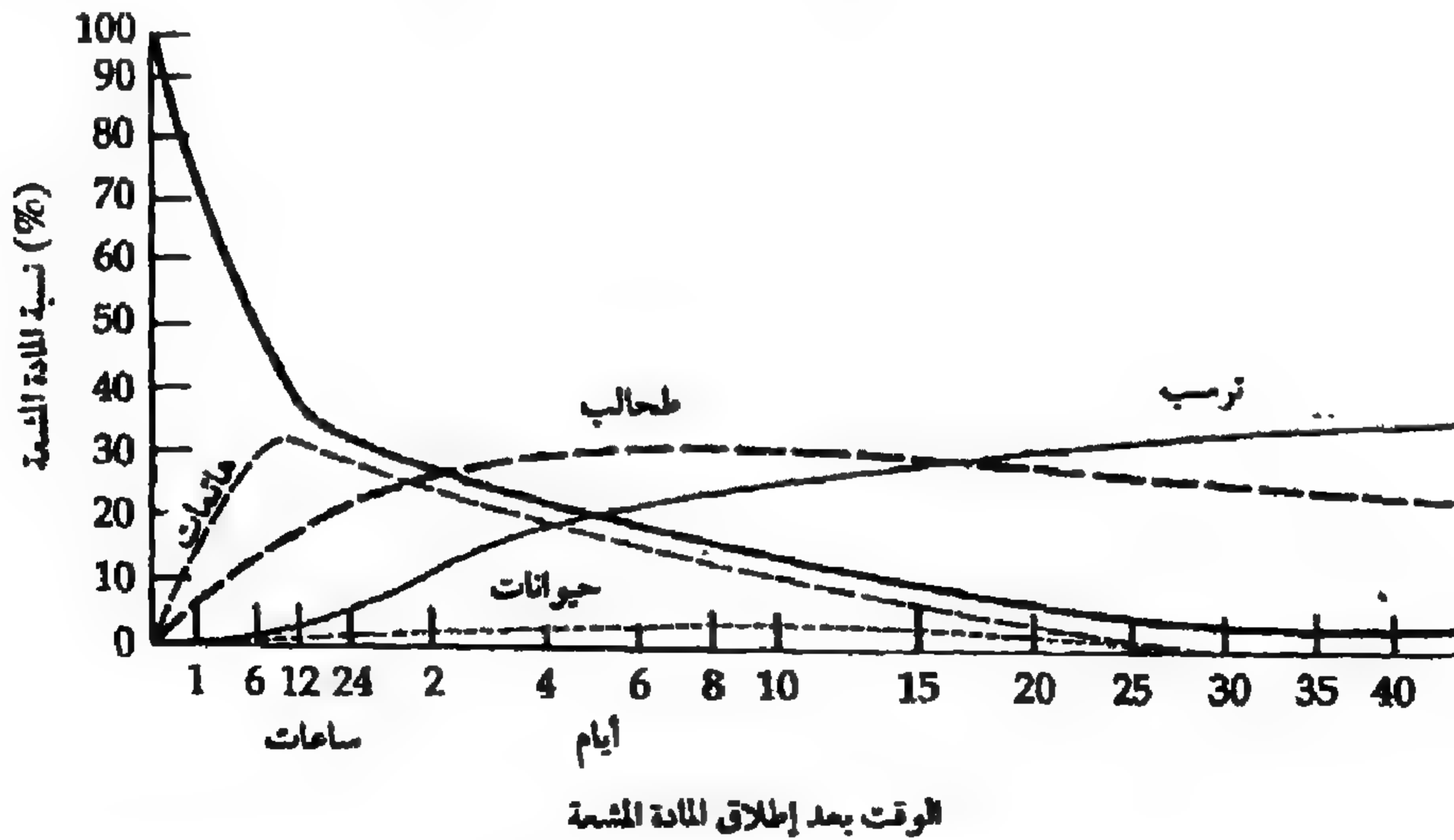
٢- الطحالب الخيطية الموجودة على الحواف وفي القاع امتصت النظير المشع ببطء.

٣- تغذت القشريات على الطحالب ومن ثم انتقل إليها الفوسفور.

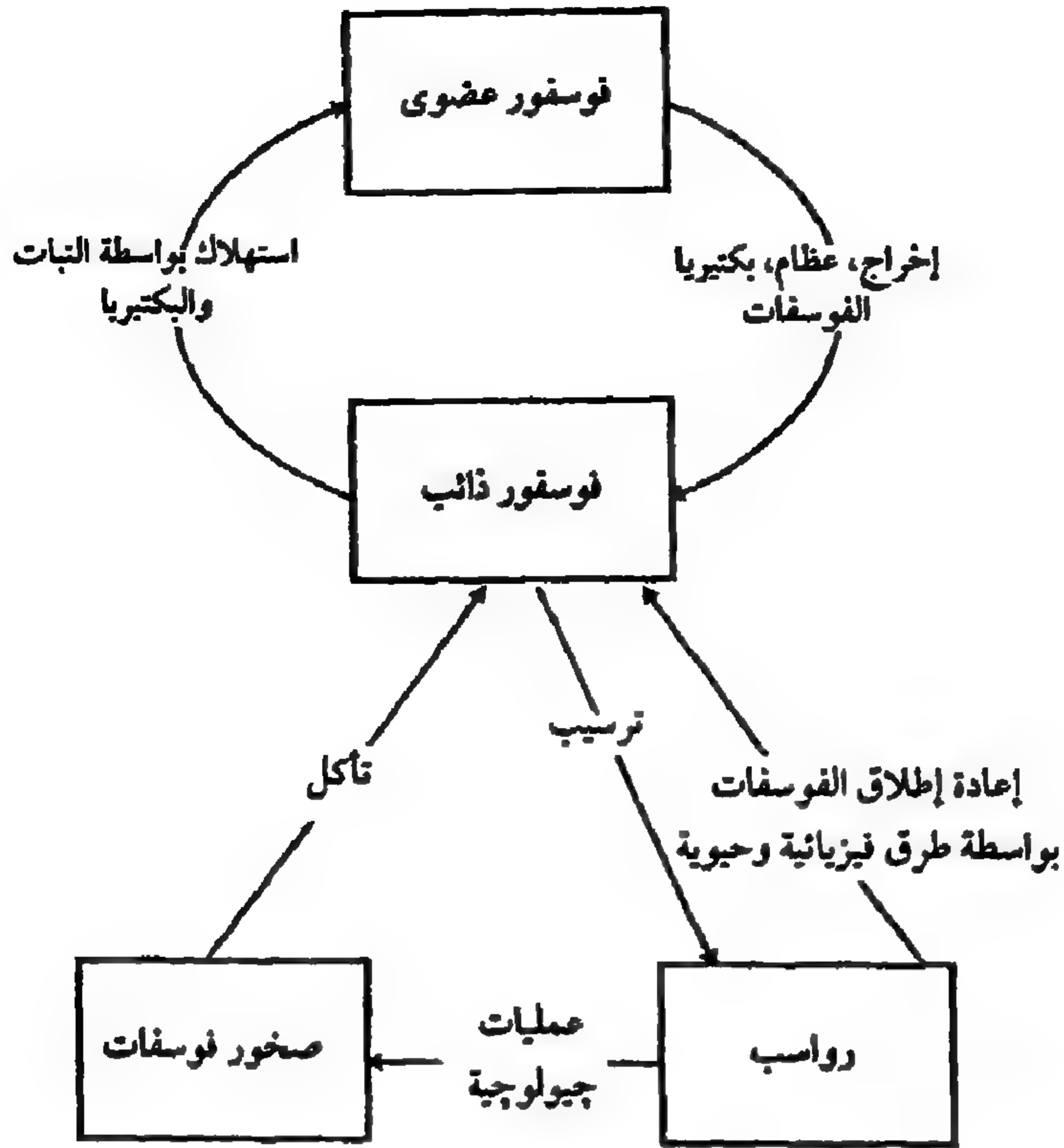
٤- بدأ الفوسفور المشع في التراكم بعد موت الأنواع التي تغذت عليه وترسب في القاع في صورة أقل نشاطاً.

وتحدث هذه الدورة في الطبيعة حيث يتراكم الفوسفور والمواد الأخرى وترسب في القاع في صورة غير صالحة للاستعمال، وهذا هو السبب في أن الفوسفور من العوامل التي تحدد النظام البيئي في البحيرات.

وتعتبر دورة الفوسفور من الدورات الرسوبية، وللفسفور أهمية في نقل الطاقة داخل خلية الكائن الحي، ويوضح شكل (٣-ب) دورة الفوسفور في الطبيعة.



(شكل ٣-١): حركة الفوسفور المشع في نظام بيئي مائي مصغر (Whittaker, 1961).



(شكل ٣- ب): شكل توضيحي لدورة الفوسفور ويلاحظ انسياب الفوسفور من وإلى الصخور. (عن Odum, 1997).

ج - دورة الماء

تجمعات المياه والأمطار: Water Catchment Areas

يمثل الماء أكثر احتياجات الكائن الحي لإتمام عمليات الأيض. ويسبب الظمأ موت الإنسان في وقت أسرع من الجوع. يكون الماء حوالي ٦٠٪ من وزن الجسم ويحتاج الإنسان إلى حوالي ٢,٢٥ لتر من الماء يوميا، ويجب أن تضاف إلى هذه الكمية المياه المستخدمة في الطهي والتخلص من الفضلات والماء المهدر.

في الدول النامية وعلى سبيل المثال في كراتشي (Karachi) يبلغ استهلاك الفرد ٩٠ لترا يوميا، أما في الدول الصناعية فيرتفع هذا ليصل إلى ٢٦٣ لترا يوميا في لندن و٦٣٥ لترا يوميا في الولايات المتحدة.

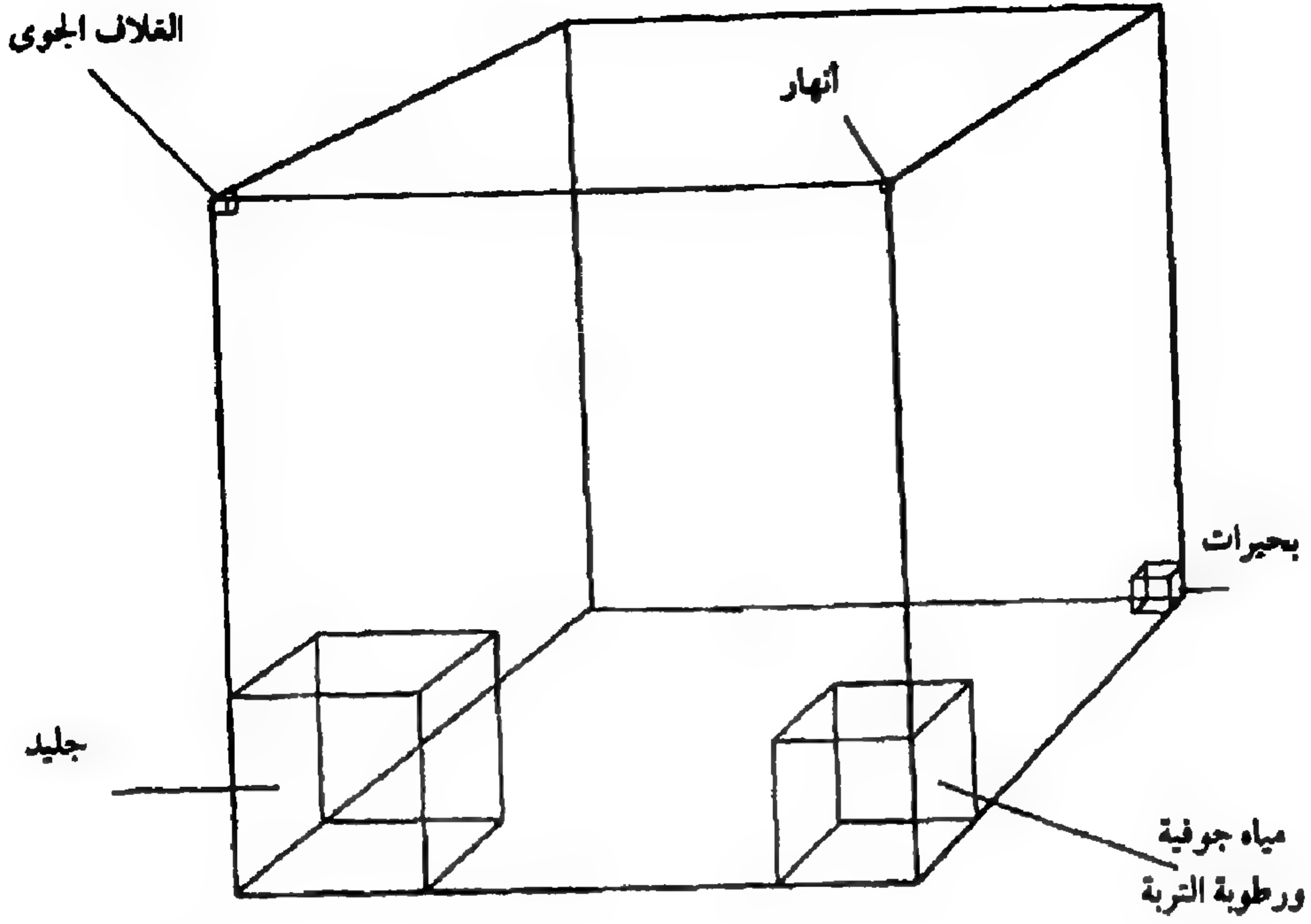


والصناعة من أكثر الأنشطة البشرية التي تستهلك الماء، حيث تحتاج بعض الصناعات إلى استهلاك ٢٠,٠٠٠ لتر من الماء لإنتاج طن واحد من المنتج النهائي. وهذه الكمية ترتفع في صناعات البترول والحديد والصلب. كما تعد الزراعة من أكثر الأنشطة استهلاكاً للمياه، وعلى سبيل المثال يتطلب إنتاج ٤٥ كيلو جراماً من القمح الجاف ٢٢٧ لتراً من الماء وإنتاج نفس الكمية من الأرز يحتاج ما بين ٧٥٧-٩٤٦ لتراً من الماء، وإنتاج لتر واحد من الحليب إلى ٤,٠٠٠ لتر من الماء (Simmons, 1981). ويستهلك الإنتاج الحيوانى أيضاً كميات كبيرة من الماء، فالبقرة الحلوب تحتاج إلى ٤٥ كيلو جراماً من الماء لإنتاج ١٢ كيلو جراماً من الحليب (بعكس الأغنام التي تحتاج فقط إلى حوالى ٥ كجم يومياً في المراعى الجافة، وقد لا تحتاج إلى الماء في المراعى الخضراء). ويستخدم الماء أيضاً في النقل، وعلى سبيل المثال نقل أكثر من ٦٠ مليون طن متري من البضائع في طريق سان لورانس البحرى (St Lawrence Seaway) عام ١٩٦٠، وحمل نهر الراين (Rhine) في أوروبا ٦٠, ٢٣٠ مليون طن عام ١٩٦٥، وهذا الاستخدام يبدو ظاهرياً غير مستهلك للمياه، ولكن من الناحية الواقعية تؤثر حركة السفن تأثيراً ضاراً على المياه، حيث يؤدي التلوث الناشئ عن حركة السفن إلى عدم استخدام الماء في أغراض أخرى.

أما استغلال الماء في توليد القوى الكهربائية فيمكن اعتباره الوسيلة الوحيدة لاستعمال الماء بدون استهلاكه، ويعطى الماء ٦٨٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية في بيرو وفي كولومبيا تبلغ هذه النسبة ٦٣٪ وترتفع في كندا لتصل إلى ٨١٪ وإلى ٩٩,٨٪ في النرويج.

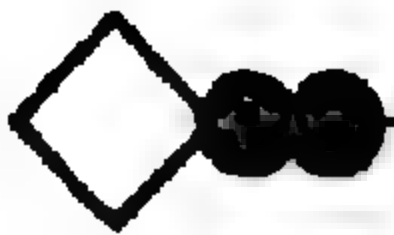
يوجد الماء في صور مختلفة في الطبيعة ويمثل الماء المالح في المحيطات ٩٧٪ وتبلغ نسبة الماء العذب ٣٪ فقط من المياه الكلية، ٧٥٪ من هذه الكمية ماء غير متحرك (جليد). وتمثل المياه الجوفية نسبة عالية من المياه العذبة، أما الأنهار والجداول والبحيرات فلا تحتوى إلا على ١,٥٪ من الماء العذب، ويحتوى الغلاف الجوى على ١٦,٠٪ من الماء العذب (Van Der Leeden, 1975) (شكل ٤) وإذا





(شكل ٤): مياه العالم يمثل المكعب الكبير جميع كميات الماء في العالم، والمكعبات الصغيرة تمثل كميات الأنواع المختلفة من الماء، ويمثل بقية المكعب الكبير مياه المحيطات والبحيرات المالحة، عن (Van Hylckama, 1975).

ما افترضنا أن الأمطار التي تسقط على العالم في أوقات متفرقة سوف تسقط في وقت واحد فسوف تكون كمية الأمطار ٢,٥ سم في جميع أنحاء الكرة الأرضية، وسوف يستمر المطر لمدة ١٠ أيام متصلة (Barry, 1967). وهذه الفترة (عشرة أيام) هي متوسط الفترة التي تبقى فيها جزيئات الماء معلقة في الغلاف الجوي. وهذه الصورة تشير إلى التحول السريع في دورة البحر وحركة المياه وسقوط الأمطار. وتعرف حركة المياه في الغلاف الجوي (Atmosphere) والغلاف الحيوي (Biosphere) والتربة (Lithosphere) بالدورة الهيدرولوجية أو دورة المياه في الطبيعة (Hydrological Cycle) (شكل ٥). ويقضي الماء فترة تتراوح من ١٠-١٠٠ يوما على اليابسة إذا لم يدخل في دورة المياه الجوفية، حيث يمكن أن يستمر فترة أطول. وعلى سبيل المثال توجد مياه في بحيرة أرتيسيان بأستراليا منذ حوالي ٢٠,٠٠٠ عام (Barry, 1969).



بذل (استهلاك) مصادر المياه Tapping into The Water Supply:

يتدخل الإنسان لتحويل الماء من دورته الطبيعية إذا كان لهذا التدخل عائد اقتصادى، وأكثر حالات الماء خضوعاً للتحويل أو استغلال الإنسان هي حالة ماء الأمطار الجارى فوق سطح الأرض (Runoff) في شكل أنهار، أو الحالات التي يختزن فيها الماء، ولم تثبت حتى الآن جدوى عملية الأمطار الصناعية.

الماء الجارى Runoff

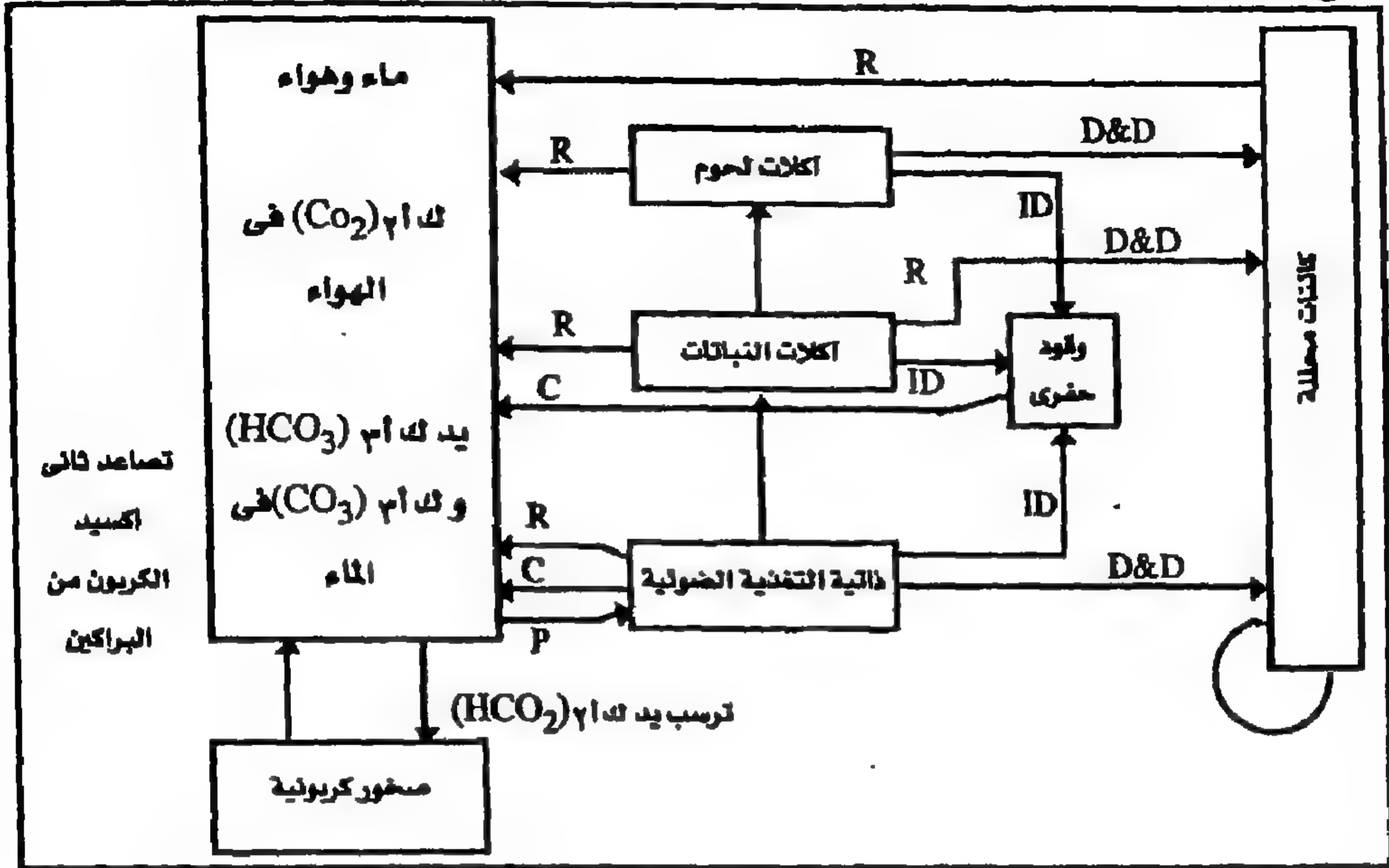
المطر هو المصدر الأول للمياه العذبة، وتتأثر تجمعات الماء فوق سطح الأرض بالعديد من العوامل: طبيعة الأرض والعمق ودرجة ميل أو انحدار القشرة الأرضية في منطقة تجمع المياه والكساء النباتى. وعموماً يزداد فقد الماء مع الزيادة في كثافة الكساء النباتى نتيجة التتح. وتقلل عملية إزالة الأشجار تماماً من تجمعات الأمطار وتسبب زيادة كمية الطمي الذي يلوث الماء؛ ولذا يجب أن يكون هناك توازن بين كمية الأشجار في تجمعات الأمطار ونقاء الماء وكميته، كما أن لوجود حزام من الأشجار أهمية حيث يعمل على حجز الطمي ومنعه من الترسيب في متجمعات الأمطار.

في جنوب كاليفورنيا انخفض معدل انسياب الماء ليصبح $49,3 \times 10^3$ م³ يومياً بدلاً من $86,3 \times 10^3$ م³ يومياً بعد إزالة الكساء النباتى من على ضفاف حوض التجمع (catchment basin) للمجرى المائى. وأفضل المياه التي يمكن استغلالها والاستفادة منها هي مياه الأنهار والبحيرات، إذ تختزن بحيرات أفريقيا ٣٠٪ من الماء العذب السائل فوق سطح الأرض، وتختزن بحيرات شمال أمريكا ٢٥٪ من الماء العذب، وتختزن بحيرة بايكال في الاتحاد السوفيتى (سابقاً) Lake Baikal, Former USSR) ١٨٪ من الماء العذب، أما النسبة الباقية من الماء العذب فوق سطح التربة (هي نسبة ٢٧٪) فتختزن في البحيرات الصغيرة والأنهار. وتحتوى الأنهار على ١٢٠٠ كيلو متر مكعب من الماء العذب على مستوى العالم بالمقارنة إلى البحيرات التي تحتوى ١٢٥,٠٠٠ كيلو متر مكعب من الماء العذب في العالم. وأكثر من دول العالم استخداماً لمياه الأنهار هي الصين تليها الهند والاتحاد السوفيتى (سابقاً) ثم باكستان يليها باقى دول آسيا (Stilling, 1992).



د - دورة الكربون Carbon Cycle :

تحصل الكائنات ذاتية التغذية الضوئية (النباتات الخضراء) على الكربون في صورته الموجود عليها في الغلاف الجوي (ثاني أكسيد الكربون). وهذا الغاز هو ناتج إخراجي من عمليات تنفس الكائنات الحية (شكل ٦).



(شكل ٦): دورة الكربون:

- ١ - تستهلك الكائنات ذاتية التغذية الضوئية (النباتات) (Photoautotroph) ثاني أكسيد الكربون من الجو (١).
- ٢ - تغذى الأنواع العاشبة (Herbivores) وآكلات اللحوم - اللواحم - (Carnivores) على المواد العضوية المحتوية على الكربون (١).
- ٣ - يتصاعد ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي نتيجة التنفس (R).
- ٤ - يتصاعد ثاني أكسيد الكربون نتيجة احتراق النباتات والوقود الحفري (C) (Fossil Fuels).
- ٥ - تصل المركبات العضوية المحتوية على الكربون إلى الكائنات المحللة (Decomposers) نتيجة الموت والتحلل (D + D) (Death and Decay).
- ٦ - تتحول المركبات العضوية إلى وقود حفري نتيجة عدم التحلل الكامل (Incomplete Decay) (I.D).

* يلاحظ أن الكربون يوجد في الهواء على شكل غاز CO_2 . وفي الماء على صورة أيونات HCO_3^- و CO_3^{2-} . عن (Chapman and Reiss 1995).

من نفس الشكل (٦) يمكن ملاحظة أن الوقود الحفري (Fossil Fuels)، وهو الزيت والفحم والغاز الطبيعي، والطريقة الوحيدة لإرجاع الوقود الحفري إلى دورة الكربون هي حرق ذلك الوقود (وهذا ما يحدث بالفعل مع استخدام البترول والفحم كمصادر لإنتاج الطاقة في المصانع وحركات السيارات . . . إلخ).

يوضح الشكل أهمية البيئة الفيزيائية في دورة الكربون، حيث إن ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وأيونات الهيدروكربونات (HCO_3^-) توجد في الماء.

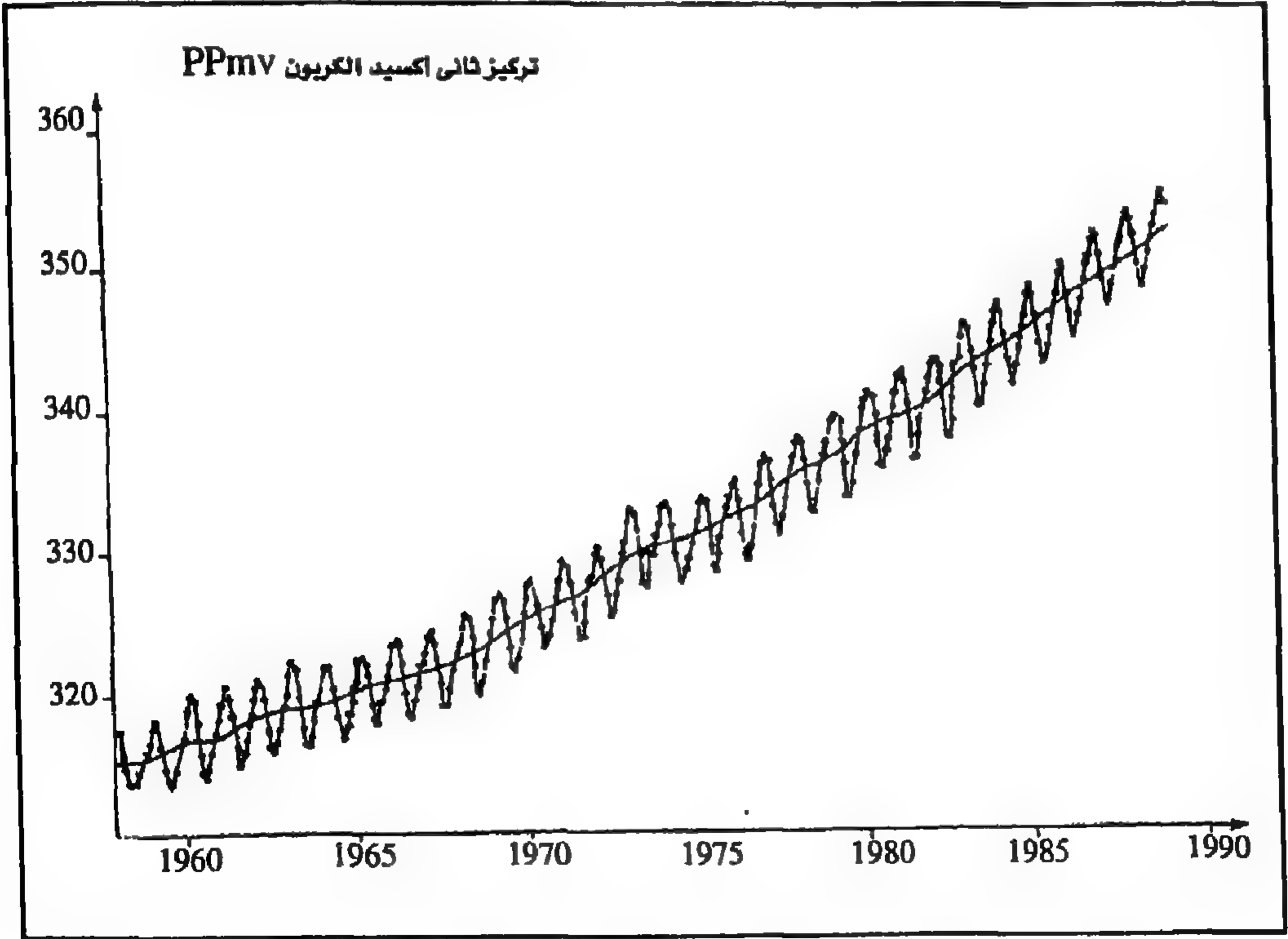
هـ- تأثير الصوبة النباتية The Greenhouse Effect :

لو لم يكن كوكب الأرض محاطاً بالغلاف الجوي لكان متوسط درجة الحرارة على هذا الكوكب (-18°C)، فمتوسط درجة الحرارة على سطح القمر (-15°C) نظراً لعدم وجود غاز ثاني أكسيد الكربون في غلافه الجوي. ويبلغ متوسط درجة حرارة الأرض حوالي (15°C). يؤدي الغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية وظيفة الصوبة النباتية (Greenhouse) التي تحبس الحرارة ويستطيع الإنسان الحياة على سطح الأرض نظراً لوجود تأثير الصوبة أو حبس الحرارة الناتج عن وجود الغلاف الجوي، ولكن زيادة تركيز الغازات يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة الكرة الأرضية Global warmth.

إن غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء في الغلاف الجوي هما المسئولان عن حفظ درجة حرارة الأرض، ولكن أنشطة الإنسان مثل الأنشطة الصناعية وغيرها تؤدي إلى تصاعد كميات كبيرة من غازات ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكاسيد النيتروز وغاز الفيريون وغيرها إلى الغلاف الجوي، وأهم هذه الغازات من حيث التأثير على درجة حرارة الأرض هو غاز ثاني أكسيد الكربون.

تتزايد كميات غاز ثاني أكسيد الكربون المتصاعد إلى الغلاف الجوي بمعدلات تصل إلى ٣٠٠٠ مليون طن سنوياً (Bolin, 1983)، وتأتي هذه الكمية من

مصادر عديدة أهمها احتراق الوقود الحفري والأشجار وخاصة في الغابات الاستوائية المطيرة. بالإضافة إلى عملية إزالة الغابات التي أدت إلى نقص كميات النبات التي تستخدم ثاني أكسيد الكربون الجوي في عمليات البناء الضوئي. ويوضح شكل (٧) ارتفاع نسبة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في جزيرة هاواي بين أعوام ١٩٦٠-١٩٩٠. والتذبذب الذي يوجد في هذا الشكل ينشأ نتيجة ارتفاع معدلات البناء الضوئي سنوياً أثناء ازدهار نباتات غابات المناطق المعتدلة في فصل الصيف، ولكن الشكل العام يوضح تزايد النسبة تدريجياً من حوالي ٣٢٠ جزءاً في المليون في منتصف الستينيات إلى حوالي ٣٥٠ جزءاً في المليون مع بداية التسعينيات نتيجة الأنشطة البشرية، وبخاصة الأنشطة الصناعية في النصف الشمالي من الكرة الأرضية.



(شكل ٧): تركيز ثاني أكسيد الكربون (متوسط شهري) في الغلاف الجوي في محطة إرساد مونالوي في جزيرة هاواي بالولايات المتحدة بين عامي ١٩٦٠ - ١٩٩٠. عن Chapman and Riess, 1995).

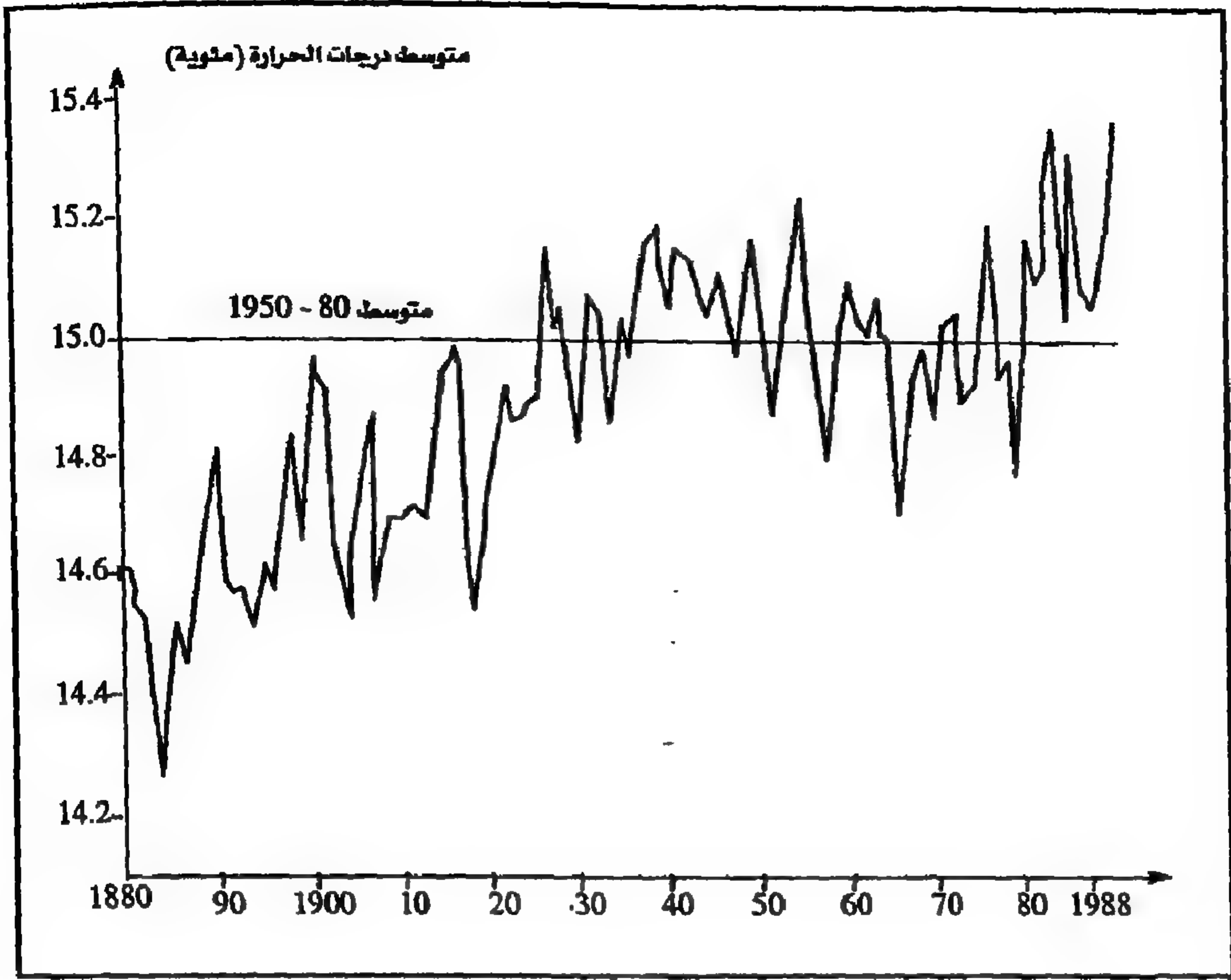


وكما ذكرنا سابقا - يمتص غاز ثاني أكسيد الكربون جزءا من الحرارة المرتدة على الأرض وتختزن هذه الحرارة مسببا ما يعرف بتأثير الصوبة النباتية، ولكن ماذا يحدث لو ازداد تركيز هذا الغاز وارتفعت معه درجة حرارة الصوبة التي نعيش فيها؟ هل سوف ترتفع درجة حرارة الأرض لدرجة انصهار الجليد في المناطق القطبية؟ وتتعرض المدن المنخفضة والمناطق الساحلية إلى طوفان يقتل مئات الملايين من البشر وأعداد لا يمكن تقديرها من الحيوان والنبات. يوضح شكل (٨) أن متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية ارتفع بالفعل بمقدار (١م) خلال المائة سنة الأخيرة، ومن الصعب التنبؤ بما قد يحدث لدرجة حرارة الأرض على مدى الأربعين أو الخمسين عاما القادمة، ولكن بعض العلماء (Pain, 1988, Peel, 1989) يتوقع ارتفاع درجة حرارة الأرض بين ٢-٨م على مدى القرن الحادي والعشرين.

يؤدي ارتفاع درجة حرارة الأرض إلى ارتفاع درجة حرارة المياه السطحية في المحيطات عند المنطقة الاستوائية مما يسبب زيادة معدلات البخر، ويؤدي ذلك إلى زيادة سرعة حركة الهواء وتصبح الرياح أقوى مما هي عليه، وتحمل الرياح الهواء المحمل بالرطوبة إلى المناطق القطبية. ونتيجة ذلك هو تلقي المنطقة تحت الاستوائية (Subtropical Latitudes) بين خطوط عرض ٥-٣٥ شمالاً أمطاراً أقل من المعدلات العادية مما يسبب الجفاف، ويذكر (Sear, 1987) أن المناطق بين خطي عرض ٣٥-٧٥ شمالاً سوف تحدث فيها الفيضانات أكثر من المعتاد، وقد يفسر هذا ما حدث من طقس غير معتاد خلال العشرين عاما الأخيرة. وسوف نناقش في هذا الفصل مصادر وعناصر ارتفاع درجة حرارة الأرض.

إن ارتفاع درجة حرارة الأرض عملية بطيئة لا يمكن الإحساس بها على مدى عشرات السنين، كما أنها غير واضحة حيث تكون نتيجة للتغيرات الطبيعية التي تحدث دوريا كل عام، وقد أدى ذلك إلى صعوبة الحكومات باتخاذ إجراءات سريعة للإقلال من معدلات غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.



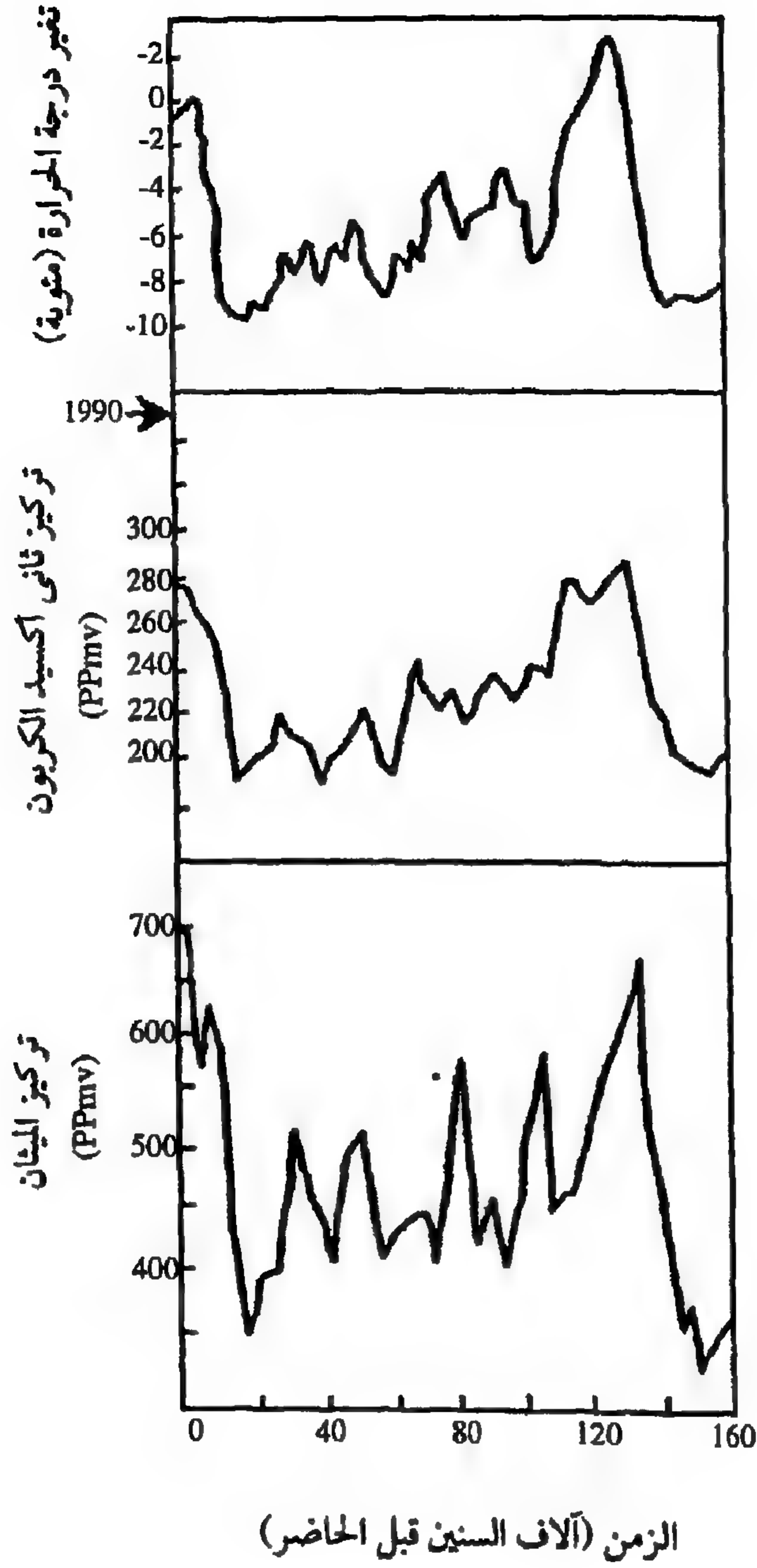


(شكل ٨): متوسط درجة حرارة الكرة الأرضية بين أعوام ١٨٨٠ - ١٩٨٨ . عن (Gribbin, 1988).

٢- مصادر وعناصر أخرى تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض:

ذكر سابقاً أن غازات الغلاف الجوي التي يؤدي دور الصوبة التي تحبس الحرارة وتمكن الإنسان من الحياة، وقد ناقشنا تزايد معدلات تصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون نتيجة الأنشطة البشرية وتأثير ذلك على ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية عن معدلاتها الطبيعية، وبالرغم من أن أكثر الغازات تأثيراً في مناخ الكرة الأرضية هو غاز ثاني أكسيد الكربون إلا أن غاز الميثان (CH_4) شكل (٩) وأكسيد النيتروز (N_2O) وغاز الأوزون (O_3) والكلوروفلوروكربون (CFCs) تلعب دوراً في تغير مناخ الكرة الأرضية.





شكل (٩): تركيز غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون ودرجة حرارة الهواء في الكرة الأرضية خلال المائة وستين ألف عام الأخيرة (عن IPCC, 1990).

أ- الميثان Methane:

غاز الميثان يلى غاز ثانى أكسيد الكربون من حيث الأهمية فى ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية. وحياة الميثان قصيرة، وبالرغم من أن تركيزه لا يتجاوز ١/٢٪ من تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى إلا أن جزيئات الميثان لديها القدرة على امتصاص الأشعة تحت الحمراء المرتدة عن سطح الأرض بما يعادل عشرين ضعفاً أكثر مما يمتص غاز ثانى أكسيد الكربون. ويتصاعد غاز الميثان بشكل طبيعى وأيضاً نتيجة الأنشطة البشرية، ولكن الأنشطة البشرية تؤدى إلى تصاعد ٦٠-٨٠٪ من كم الميثان الموجود بالغلاف الجوى (IPCC, 1995). وتؤكد الدراسات أن نسبة غاز الميثان تضاعفت فى الغلاف الجوى منذ الثورة الصناعية ويعزى ذلك إلى استخدام الوقود الحفرى (البتروى والفحم والغاز الطبيعى)، وزراعة الأرز وطرق التخلص من المخلفات وغيرها من الأنشطة البشرية. والجدير بالذكر أن معدلات ارتفاع نسبة غاز الميثان فى الغلاف الجوى تتزايد سنوياً بمعدل ٨,٠٪ وعموماً فإن التركيز الحالى لغاز الميثان وصل إلى ١,٧ (ppmv) - جزء فى المليون (Rosenzweig & Hillel, 1998).

ب- أكسيد النيتروز Nitrous Oxide:

مثل غاز الميثان، يمتاز أكسيد النيترون بقدره أكبر على امتصاص الأشعة تحت الحمراء عن غاز ثانى أكسيد الكربون. والتركيز الحالى لأكسيد النيتروز يبلغ 0.31 (ppmV)، أى أنه يرتفع بنسبة حوالى ١٠٪ عن نسبته فى الغلاف الجوى قبل الثورة الصناعية ومعدل الزيادة السنوية لهذا الغاز تبلغ حوالى 0.25 % (IPCC, 1995). ويتصاعد هذا الغاز من عمليات الأيض من الكائنات الدقيقة فى التربة (راجع دورة التروچين)، ومن الأنشطة البشرية التى تسبب ارتفاع نسبة أكسيد النيتروز مثل إنتاج حمض الأديك (adipic acid) الذى يستخدم فى صناعة النايلون بالإضافة إلى صناعة المخصبات والأسمدة الزراعية وأيضاً احتراق الوقود الحفرى.



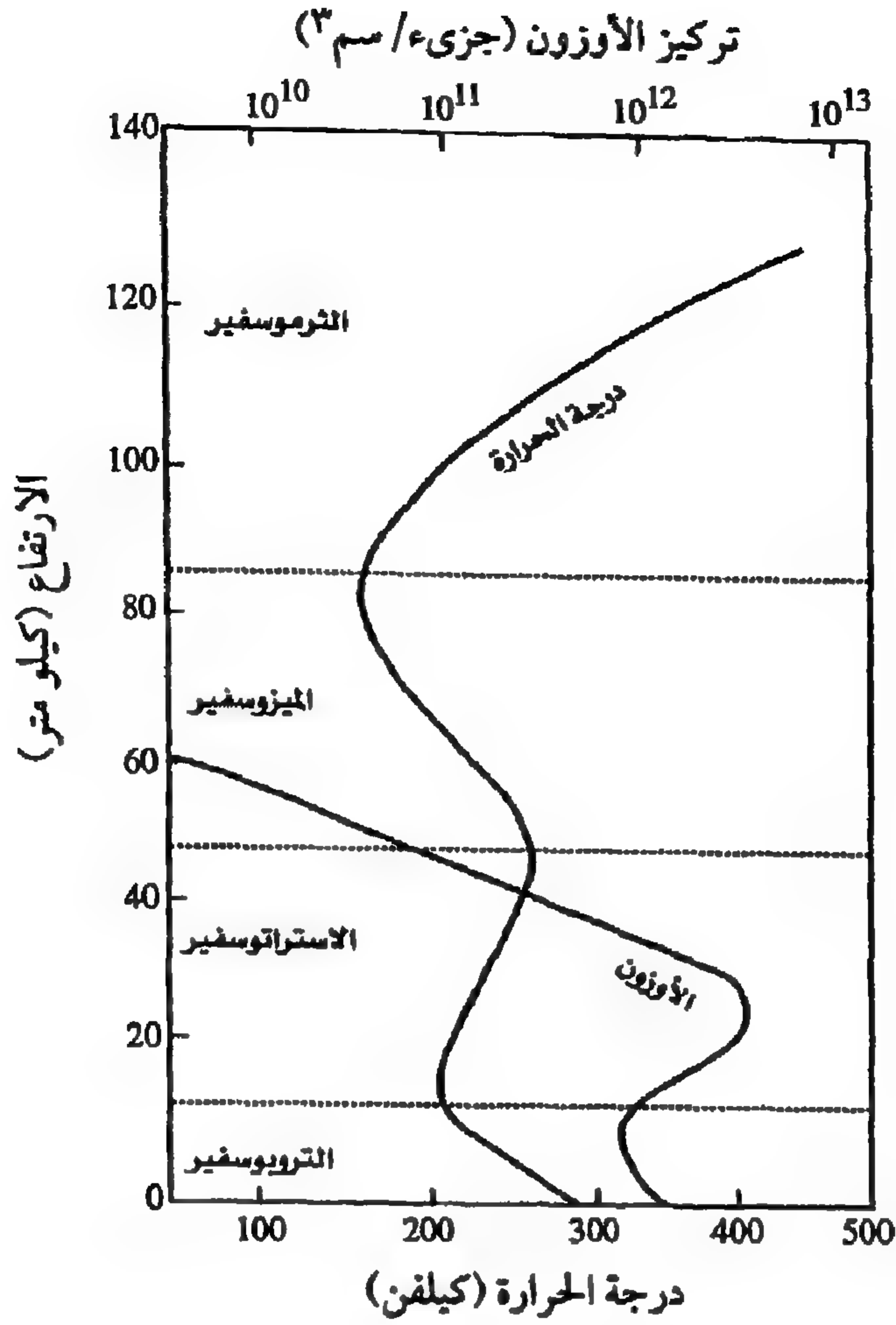
ج- غاز الأوزون Ozone:

نتحدث هنا عن غاز الأوزون فى طبقات الهواء القريبة من سطح الأرض . إن غاز الأوزون أخطر من مجرد كونه أحد غازات الصوبة التى تسبب التغيرات المناخية فى الكرة الأرضية ، حيث إنه يمتص الأشعة ذات الأطوال الموجية الطويلة على سطح الكرة الأرضية Terrestrial Long Wave Radiations ويوجد الأوزون بشكل طبيعى فى طبقة الاستراتوسفير وهى التى تلى طبقة التروبوسفير (التروبوسفير هو أول طبقات الغلاف الجوى حيث يعيش الإنسان والكائنات الحية ويبلغ سمك الطبقة حوالى ١٠ كم وهى موضوع الحديث هنا) . ويوجد فقط ١٥٪ من الأوزون فى طبقة التروبوسفير (شكل ١٠) .

ومن المعروف أن الأوزون فى طبقة الاستراتوسفير يحمى الأرض من الأشعة فوق البنفسجية التى تسبب سرطان الجلد والطفريات التى تسبب تشوهات الأجنة . ولكن كما ذكرنا فإن الأوزون فى طبقة التروبوسفير يمتص الأشعة ذات الأطوال الموجية العالية مسبباً الارتفاع فى درجة حرارة الكرة الأرضية .

وقد أظهرت الدراسات أن تركيز الأوزون انخفض بحوالى ٩٠٪ فوق انتراكтика (Antarctica) مسيبا ما يعرف بثقب الأوزون (IPCC, 1992)، وقد أرجع بعض العلماء ذلك إلى كثرة استخدام الكلوروفلوروكربونات .





شكل (١٠): توزيع الأوزون ودرجات الحرارة في طبقات الغلاف الجوي
عن (Rosenzweig & Hillel. 1998)

د - الكلوروفلوروكربونات Chlorofluorocarbons:

الكلوروفلوروكربونات (CFCs) عبارة عن مجموعة من المركبات المخلقة في الصناعات الكيميائية، وتستخدم في العديد من الأغراض الصناعية مثل صناعة التبريد وصناعات الإلكترونيات وغيرها. وتؤدي هذه المجموعة من المركبات إلى زيادة تأثير الصوبة ورفع درجة حرارة الكرة الأرضية (بالإضافة إلى تأثيرها في تآكل طبقة الأوزون في الاستراتوسفير). ولسوء الحظ فإن تلك المجموعة من المركبات تعتبر خاملة ومن ثم يصعب تحليلها في طبقة التروبوسفير، وبالتالي فهي تصعد إلى



طبقة الاستراتوسفير (التي تحتوى على غطاء الأوزون الواقى من الأشعة فوق البنفسجية). وعند تعرض مركبات الكلوروفلوروكربون للأشعة فوق البنفسجية يتصاعد أيون الكلورين الذى يتفاعل مع جزيئات غاز الأوزون محطماً تلك الطبقة التى تعمل كحماية للكرة الأرضية.

توجد مجموعة الكلوروفلوروكربونات فى طبقات الهواء القريبة من سطح الأرض (التروبوسفير) بتركيز منخفض جداً يقاس بجزء فى التريليون (pptv). وبالرغم من ذلك فإنها تلعب دوراً فى ظاهرة الاحتباس الحرارى حيث إن درجة امتصاصها للأشعة تحت الحمراء تعادل عشرة آلاف ضعف من غاز ثانى أكسيد الكربون، هذا بالإضافة إلى أنها مجموعة "خاملة" فىمكن أن تستمر فى الغلاف الجوى لعشرات الأعوام، بل ولقرون.

ويوجد مركبان رئيسيان لمجموعة الكلوروفلوروكربون (CFCs) فى الغلاف الجوى هما:-

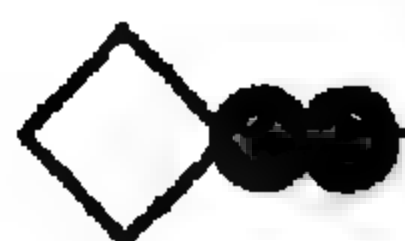
* CFC-11: ويبلغ تركيزه ٣٠٠ جزء فى التريليون.

* CFC-12: ويبلغ تركيزه ٥٠٠ جزء فى التريليون.

وتلك التركيزات فى تصاعد مستمر بالرغم من خفض الإنتاج العالمى بحوالى ٤٠٪ بين أعوام ١٩٨٦-١٩٩١،

هـ- تغير المناخ (نقلا عن محمد عبد الفتاح القصاص ٢٠٠٦):

كانت قضايا تغير المناخ من المجالات الرئيسية لدراسات علوم الأرض. المناخ تغير على مدى العصور الجيولوجية القديمة. وكان لهذا التغير آثاره على تطور الحياة على سطح الأرض وفى البحار. وكان تغير المناخ فى غضون العصر الجيولوجى الرابع (المليون سنة التى تشمل الزمن الحاضر) موضوع الاهتمام الخاص لأنه عصر نشأة الإنسان. تبدلت فى العصر الرابع فترات اتسع فيها نطاق الجمد القطبى حتى غطى أغلب المناطق الشمالية من كتلة أوروبا وآسيا ومن كتلة أمريكا الشمالية، وفترات تراجع الجمد، وانكشفت الأراضى التى كان قد تراكم فوقها



الجمد. ترجع هذه التغيرات التبادلية (عصور الجمد - عصور ما بين الجمد) إلى تغيرات في أوضاع الكرة الأرضية (زاوية محور دوران الأرض حول نفسها - إطار مسار الأرض في دورانها السنوى حول الشمس)، وفي حالة التوهج الشمسى. هذه تغيرات كونية تتصل بالنواميس الحاكمة، وعصور التغير تقاس بعشرات الألوف من السنين.

ولكن ما يشغل البال فى الحاضر هو ما يمكن أن يطرأ على مناخ الأرض من تغيرات نتيجة نشاط الإنسان وخاصة ما يطلقه من غازات تختلط بهواء الغلاف الجوى، وهى غازات تسبب زيادة تركيزاتها ارتفاعات فى درجات الحرارة (الدفء العالمى). لمثل هذا الدفء آثار مباشرة كتمدد مياه البحار والمحيطات (ارتفاع مستوى سطح البحر) وذوبان تكاوين الجمد فى المناطق القطبية وسفوح الجبال العالية، وله آثار على عناصر المناخ الأخرى مثل حركة الرياح والمطر.

فيما بين عامى ١٩٧٥ و ١٩٩٠ قادت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة برامج للبحوث والدراسات عن المناخ، وعقد المجتمع الدولى عدة مؤتمرات علمية لمراجعة قضية تغير المناخ فى الزمن الحديث. كان ختام ذلك إقرار الاتفاقية الإطارية عن تغير المناخ (١٩٩٢) وإنشاء لجنة دولية حكومية لدراسات تغير المناخ، تصدر هذه اللجنة التى يشارك فيها أكثر من ألف من العلماء والخبراء، تقارير ودراسات تحيط بموضوع تغير المناخ من سائر الوجوه وخاصة:

١- التحليل العلمى لموضوعات تغير المناخ.

٢- تحليل الآثار التى تتبع هذا التغير.

٣- وسائل العمل لدفع الأضرار.

تعتمد دراسات المناخ على إنشاء نماذج رياضية (نماذج الدورات الكلية) تفيد من طاقات الحاسبات الكبيرة على تناول البيانات والمعادلات الحاكمة لعلاقاتها. بهذه الوسائل يمكن «إجراء تجارب على الحاسب» لتبين ما يمكن أن يحدث فى



المستقبل على مستوى العالم. الأصل التنبؤ بقدر ارتفاع درجات الحرارة (الدفء العالمى)، والأعقد هو التنبؤ بتوابع هذا الارتفاع على عناصر المناخ الأخرى خاصة توزيع المطر وعلى مستوى سطح المياه فى البحار والمحيطات، هذه النماذج قادرة على التنبؤ بما ستكون عليه درجات الحرارة عندما تصل تركيزات الغازات الحابسة للحرارة فى الهواء الجوى إلى ضعفى ما كانت عليه قبل عصر الصناعة والوقود الحفرى: كانت تعادل ٢٧٠ - ٢٩٠ جزءاً فى المليون بالحجم، ثانى أكسيد الكربون تصل أواخر القرن الحادى والعشرين إلى ٥٥٠ - ٦٠٠ جزء فى المليون بالحجم، حالياً تركيزها حوالى ٣٧٠ جزءاً فى المليون بالحجم. الارتفاع المتوقع فى درجات الحرارة يتراوح من ١,٥ إلى ٤,٥ درجة مئوية.

لكن هذه النماذج الكلية غير قادرة على التبين الدقيق للآثار الإقليمية لهذا الدفء، وخاصة الآثار على معدلات المطر. جاء فى تقرير اللجنة الدولية الحكومية عن تغير المناخ والمنشور عام ١٩٩٨ بعنوان الآثار الإقليمية لتغير المناخ، بشأن منابع نهر النيل (ص ٤٧ - ٤٨ فى التقرير) أن «نماذج الدورات الكلية تعطى صوراً مختلفة عن مستقبل موارد النهر، من زيادة تصل إلى ٣٠٪ إلى نقص يصل إلى ٧٨٪. هذا التباين الذى يدل على عدم التيقن بشأن مستقبل المناخ يجعل المسئولين عن إدارة شئون حوض النهر عاجزين عن اتخاذ القرارات المناسبة؛ لذلك تبرز الحاجة إلى نماذج دورات إقليمية تغطى حوض النيل جميعاً حتى يقل مدى عدم التيقن». يعنى هذا توصية إلى دول الحوض أن تتعاقد لوضع وتنفيذ برنامج إقليمي لدراسات المناخ. تشارك فيه هيئات الأرصاد الجوية فى دول الحوض العشر، وتعينهم الهيئات العلمية الدولية المعنية بقضايا المناخ.

البرنامج الإقليمي

تبيننا فيما سبق أن المناخ فى حوض نهر النيل يجمع نظاماً مناخية متباينة من نواحي العوامل الفاعلة والمؤثرة خاصة على المطر. البرنامج الإقليمي يستهدف وضع إطار متكامل يجمع هذه النظم ليستخلص من تفاعلاتها ما يمكن أن يبين صورة المستقبل.



التمهيد للبرنامج الإقليمي يقتضى استكمال العناصر الرئيسية التالية:

١- إنشاء قاعدة بيانات للأرصاء الجوية التى تحفظها شبكات الرصد الجوى المنتشرة فى سائر أجزاء حوض النهر، وهى بيانات متفرقة فى الهيئات الحكومية التابعة لدول الحوض. يقتضى الأمر جمع البيانات، والعمل على تنقيتها من الشوائب وأوجه الخلل ليكون فى قاعدة البيانات مجموعات منتظمة وموثقة على مدى زمنى مناسب. توجد حاليا ما يشبه هذه القاعدة ضمن قاعدة بيانات دولية عن أرصاء المطر فى جامعة شرقى إنجلترا بالملكة المتحدة، منها بيانات ٤٠٠ محطة أرصاء فى حوض نهر النيل.

٢- دراسات علمية على ظواهر المناخ فى النظم المناخية الخمسة التى أشرنا إليها فيما سبق. هذه الدراسات تترجم إلى معادلات رياضية تعبر عن التفاعلات المناخية فى كل نظام. هذا جهد علمى بالغ.

٣- دراسات على استخدامات الأرض وآثارها على المناخ الموضوعى والمناخ الإقليمى. هذه الدراسات تبين العلاقات بين النشاط الإنسانى وبين عناصر المناخ.

٤- دراسات على العلاقات بعيدة المدى المكانى بين نظم المناخ فى العالم وأثرها على عناصر المناخ فى إقليم حوض النيل. سبقت الإشارة إلى علاقة الظواهر البحرية فى شرق المحيط الهادى (الشواطئ الغربية لقارة أمريكا الجنوبية - النينو) وظواهر الضغط المتبادل فى أطراف المحيطات الجنوبية الباردة على المناخ فى بقاع بعيدة من العالم. ونشير كذلك إلى علاقات بين ظواهر مناخية بحرية فى شمال المحيط الأطلسى وتخوم المحيط المتجمد الشمالى وظواهر المناخ فى المحيط الهندى. وللمحيط الهندى دور فاعل فى مناخ شرقى أفريقيا.

هذه الدراسات التمهيدية تتيح العناصر لبرنامج إقليمى: نموذج للدورات الإقليمية، يكون أداة لقدرة التنبؤ بمستقبل المناخ (أو المناخات) فى إقليم حوض النيل، فى هذا البرنامج طموح علمى بارز، ويحتاج إلى احتشاد العلماء والخبراء



وتعاضد الهيئات العلمية فى دول الإقليم. وهو برنامج ذو تكاليف عالية، ولكن مصادر الدعم الدولى متاحة (مرفق البيئة العالمى يخصص جزءاً من موارده لدراسات المناخ)، ونتائجه لازمة لتمكن دول الحوض من تبيين خطى المستقبل.

كلمة إضافية:

الحديث عن تغيرات المناخ المتوقعة فى أواخر القرن الحادى والعشرين يتصل بالحديث عن الآثار التابعة للدفع العالمى على مياه البحار والمحيطات، وما يتوقع على نحو ما تبين نماذج الدورات الكلية من ارتفاع مستوى سطح مياه البحار. تقديرات هذا الارتفاع تتراوح من ٢٠ إلى ٨٠ سنتيمترا نتيجة تمدد كتل الماء بالحرارة. ولو أضفنا إلى هذا ناتج ما يسيل من كتل الجمد بفعل الدفع لزادت تقديرات الارتفاع.

المناطق الشمالية من دلتا النيل وتخومها الغربية يتهدها هذا الارتفاع فى مستوى مياه البحار. وكل دراسة تجرى فى العالم على أثر ارتفاع منسوب المياه على النطاقات الساحلية تتناول الدلتا المصرية ودلتا البنجلادش بالتقصى. نذكر منطقتين يتهدهما فيضان البحر:

١- منطقة الظهير الداخلى لمدينة الإسكندرية (بحيرة مريوط والأجزاء الغربية من محافظة البحيرة. هذه الأرض تقع دون سطح البحر، ويحميها من الغرق الجسر المقام عند أبى قير (جسر محمد على)، ويذكر التاريخ أن قوات الأسطول البريطانى بقيادة نلسن شقت هذا الجسر فأغرقت تلك الأرضى لتعزل قوات نابليون بالإسكندرية عن قواته فى القاهرة.

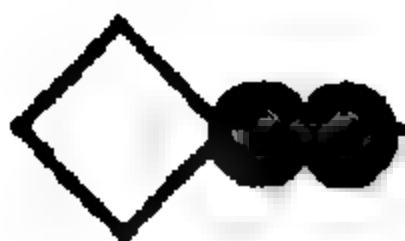
٢- منطقة شمال الدلتا: بحيرة المنزلة وتخومها الجنوبية وبحيرة البرلس وتخومها الجنوبية، فيها الأرضى التى تم استصلاحها واستزراعها على امتداد القرن العشرين والأرضى التى يتم استصلاحها واستزراعها فى إطار مشروع ترعة السلام (قطاع غرب قناة السويس).

دراسات مستقبل المناخ ستتيح لمصر المعارف اللازمة لتبين مخاطر المستقبل، ووضع برامج توفى هذه المخاطر. لدينا دراسات مستفيضة قام بها العلماء المصريون



(معهد بحوث حماية الشواطئ) بالتعاون مع مراكز بحوث دولية (خاصة من هولندا). نتائج هذه الدراسات تستحق المزيد من الاهتمام.

يتسع المجال هنا كذلك للحديث الذى طرحناه بشأن برنامج إقليمي لدراسات المناخ يغطى حوض نهر النيل تتعاون فى إطاره دول الحوض، عن برنامج إقليمي لدراسات المناخ يغطى حوض البحر المتوسط جميعا، أو يغطى القطاع الجنوبي من الحوض. وقد سبق لكاتب هذه السطور (أ.د. أحمد عبد الفتاح القصاص) أن ذكر المؤتمر الدولى الثانى للمناخ (جنيف ١٩٩٠) بفكرة إقامة قنطرة على مضيق جبل طارق، وقنطرة على مضيق باب المندب تتيح لدول إقليمى البحر المتوسط والبحر الأحمر القدرة على التحكم فى مستوى سطح الماء فى البحرين (البحر فى البحرين أكثر من المطر؛ ولذلك يمكن التحكم فى دخول مياه المحيط الأطلسى (جبل طارق) والمحيط الهندى (باب المندب)، ومنع ارتفاع البحر بما يهدد المناطق الساحلية. هذه المشروعات وصفها علماء النصف الأول من القرن العشرين بقصد إنتاج الطاقة من قناطر باب المندب، وإنشاء الاتصال بين قارة أفريقيا وآسيا، والتحكم فى مياه البحر المتوسط لكشف نطاقات ساحلية تتسع كمشروعات عمران. القصد مختلف ولكن الفكرة على رغم صعوبتها وتعقدها فى الإنشاء وفى الإدارة تستحق النظر. (راجع أيضا مستقبل المناخ والتغيرات البيئية من دول حوض النيل - الفصل الثامن).



- مراجع مختارة:

أولاً المراجع العربية:

محمد عبد الفتاح القصاص (٢٠٠٦): النيل فى خطر: دار المعارف - مصر.

محمد محمد الشاذلى (٢٠٠٠): مبادئ علم بيئة الحشرات. الدار العربية للنشر - مصر.

محمد محمد الشاذلى / على على المرسى (٢٠٠٠): علم البيئة العام والتنوع البيولوجى - دار الفكر العربى - مصر.

ثانياً، المراجع الأجنبية:

Barry, R.G. 1969. The world Hydrological Cycle: 11-29. In R. J. Chaorley (ed). Water, Earth, and Man-Barnes and Nobil New York.

Bolin, B, (ed). 1981. Carbon Cycle modeling. John Willey and Sons.

Bolin, B, 1983. The Carbon Cycle In Bolin, B and R. Cook (eds) The Major Biogeochemical Cycles and their interactions Scope-21 John Wiley.

Bolin, B; Degens, E.T; Kemp, S and Kenter, B.(eds.) 1979. The Global Carbon Cycle. John Wiley and Sons.

Bolin, B, and Cook, R.B (eds.). 1983. The Major Biogeochemical Cycles and their Interactions. John Wiley and Sons.

Chapman, J. L. and M. J. Reiss. 1995. Ecology: Principles and Applications Cambridge Low Price Edition.



Delwiche, C.C. 1970. The nitrogencycle. *Sci Amer.* 223 (3): 149 - 167.

Elton, C. 1927. *Animal Ecology*. Metuen (Reprinted 1971).

Gribbin, J. 1988. The Greenhouse Effect. *New Scientist Inside Science* 22 October: 1-4.

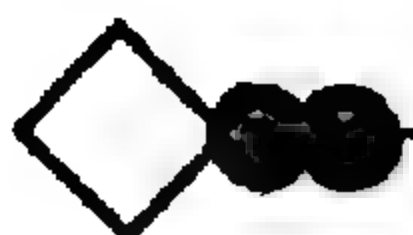
IPCC, 1990. *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. J. T. Houghton, C. J. Jenkins, and J. J. Ephraums (eds.) Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. 365pp.

IPCC, 1992. *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*. J. T. Houghton, B. A. Callander and S. K. Varney (eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univeristy Press. Cambridge. 200pp.

IPCC, 1995. *Climate Change 1994: Radiative Foreing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*. J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B. A. Callander, E. Haites, N. Harris, and K. Maskell (eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univeristy Press. Cambridge. 339pp.

IPCC. 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. J. T. Houghton, L. C. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell (eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. 572pp.

Ivanov, M.V. and Freney, J.R. (eds) 1983. *The Global Biogeochemical Sulphur Cycle*. John Wiley and Sons.



- Odum, H.T 1997.** Ecology: A bridge between Science and Society. Sinauer Associate Inc. USA.
- Simmons, I. G. 1981.** The Ecology of Natural Resources. 2n Edition. Edward Arnold. London.
- Stiling, P. (1992).** Introductory Ecology. Prentice Hall, Inc.
- Teal, J.M. 1962.** The Energy Flow in Small Marsh Ecosystem of Georgia. Ecology 43: 614-624.
- Transeau, E.N. 1926.** The Accumulation of Energy By Plants Ohio J. Science. 26: 1-10.
- Van Der Leeden, F. 1975.** Water Resources of the World lected Statistics. Water Information Center, Port Washington, N.Y.
- Van Hylchama, T.E.A. 1975.** Water Resources: 147-165. In W.W. Murdoch (ed). Environment. Sinauer Associates, Sund land, Mass.
- Varley, G. G. 1970.** The Concept of Energy Flow Applied to a Woodland Community In Watson A. (Editor). Animal Population in Relation to the Food Resources. A Symp. Of British. Ecological Society. Blackwell Scientific Publication. Oxford.
- White, T.C. 1978.** The importance of a relative shortage of food in animal ecology. Oecology 33:71-86 .
- Whittaker R.H. 1975.** Communities and Ecosystems Mac Millan, New York.
- Woodwell, G.M. (ed.). 1984.** The Role of Terrestrial Vegetation in the Global Carbon Cycle: Measurment by Remote Sensing. John Wiley and Sons.



الفصل السادس

وظائف النظام البيئي



- ١- النظام البيئي كيانات وظيفية
- ٢- الوظائف في تحليل النظام البيئي
- ٣- الجوانب البيئية.
- ٤ - الجوانب الاجتماعية والاقتصادية.
- ٥- التنمية المستدامة ووظائف النظام البيئي.
- مراجع مختارة.

١- النظام البيئي كيانات وظيفية

يوجد فصل واضح في علم الأنظمة البيئية، بين البحث في المصادر، وتحديد التوزيع المكاني للعناصر الحية وغير الحية للنظام من جهة، ودراسة انسياب وتخزين وتوازن الطاقة والمواد من جهة أخرى. تلك الجهود تبذل بشكل متصل بالرغم من أن جوهر علم الأنظمة البيئية هو إيجاد أوجه التكامل والعلاقات بين الجوانب التركيبية والوظيفية في النظام البيئي، وقد قدم (Muller and Windhorst, 2000) بحثاً نظرياً لمحاولة إيجاد علاقة بين عناصر النظام البيئي على أنها كيانات تركيبية ووظيفية في آن واحد.

هناك العديد من التعريفات والمفاهيم للفظ وظيفة Function فمثلاً يستخدم لفظ وظيفة لتحديد طبيعة نشاط أو عمل شيء معين أو قد تعني كلمة وظيفة «دور» شيء معين، وقد تعني أيضاً «إسهام» أو مساهمة. ولكن لإيضاح مدلول لفظ «وظيفة» يجب أن نلاحظ أن هذا المدلول يشتمل على:

- تفاعلات الأنماط التركيبية.
- العلاقات بين العمليات المختلفة.
- دور الجزء لصالح الكل (مثل دور عضو لصالح الجسم).
- مشاركة الأجزاء لتأدية أداء جماعي.

والآن، وبعيدا عن تداخلات مفهوم اللفظ «وظيفة» يجب أن نأخذ في الاعتبار أن كلا من كيانات النظام البيئي البيولوجية وغير البيولوجية يساهم بنشاط معين، وتتفاعل تلك الأنشطة وتتداخل أيضا لاستمرار المنظومة البيئية. ويمكن تناول لفظ وظيفة في الأنظمة البيئية على ثلاثة محاور وهي:

- ١- الوظائف في تحليل النظام البيئي Functions in System Analysis
- ٢- الوظائف في علم النظام البيئي Functions in System Ecology
- ٣- الوظائف في اقتصاديات البيئة Functions in Ecological Economy

٢- الوظائف في تحليل النظام البيئي Functions in System Analysis

أعطى (Bahg, 1990) دلالة للفظ «وظيفة» في النظام البيئي حيث اعتبر أن الوظيفة تدل على درجة من درجات التفاعل والعمليات في النظام. وذلك يشابه (Janstsch, 1988) الذي استخدم لفظ «وظائف» بمعنى خصائص العمليات في النظام ومن ثم فإن لفظ وظيفة يستعمل لتوصيف عملية منظمة أو حالة منظمة أو تعرض منظم Ordered Organisation ومن هنا يمكن القول بأن إجمالي العلاقات في النظام البيئي تصبح وظيفته.

ولكن هناك وجهة نظر تبدو أكثر وضوحا في تفسير لفظ «وظيفة» النظام البيئي. فالأنظمة تتكون من عناصر ويمكن تقسيمها إلى تحت أنظمة Subsystems وعلاقات Relations وتلك العلاقات هي التفاعلات بين العناصر وتحت الأنظمة. فانتشار وتواجد العناصر بطريقة معينة يكون في النهاية تركيبا معيناً لكيان محدد، وهذا ما يمكن وصفه على أنه التركيب الفراغي والزمني، أو يمكن أيضاً تعريفه بالنسبة لنواحي معينة مثل حركة المادة وديناميكية وانسياب الطاقة. ونصل إلى استنتاجها واضحا وهو:

مجموعة العلاقات تسمى وظيفة، وبصفة عامة فإن الوظيفة في النظام البيئي تتضمن كل العلاقات مثل انسياب الطاقة وحركة المواد والمياه والمعلومات ومن ثم فإن الوظيفة تشمل كل التغيرات لأن التغيرات يترتب عليها تحورا في العمليات البيئية في أي وقت.

٣. الجوانب البيئية Ecological Aspects:

إن تحديد لفظ وظيفة Function في النظام البيئي يمكن أن يحدد دور العمليات البيئية المختلفة، ذكر (Odum, 1983) أن الوظائف في النظام البيئي تتكون من حركة وتبدل المتغيرات نتيجة الاختلافات المستمرة في أنصبة الأنظمة البيئية من الطاقة. وصف Schwerdfeger, 1975 التوظيف Functioning في النظام البيئي على أنه محصلة التفاعلات في التركيب البيئي. وأخيرا أعطى (Schaefer, 1992) أربعة تعريفات لوصف وظيفة:



(١) مجموع العمليات الحيوية فى الكيان البيئى .

(٢) أنشطة الكائن الحى .

(٣) مغزى الكائن الحى فى النظام البيئى .

(٤) استمرارية حالة الاستقرار .

وإذا ما قبلنا تعريف لفظ وظائف على أنه «أنماط تفاعل العمليات فى النظام البيئى» فيمكن أن نجد بعض الأمثلة والصفات لخصها المؤلف فى جداول ١ ، ٢ ، ٣ حيث تجد أن الأنظمة البيئية تعطى العديد من العلاقات المختلفة بين عناصرها المتعددة، فالوظيفة يمكن أن تكون «تحت فئة» Subset من القيمة الكلية لعلاقات النظام البيئى Total Set of Ecosystemic Relations .

يجب أن تخضع الوظائف الهيدرولوجية فى النظام البيئى للتحديد الكمى حيث إن الماء هو أهم عنصر نقل للمواد داخل أجسام الكائنات الحية وخارجها، بالإضافة إلى أن الماء مذيب هام ويعتبر عنصرا محوريا فى توازن الطاقة فى النظام البيئى . وعلاوة على ذلك فإن الماء من أهم العناصر غير الحية التى تحدد مدى قدرة الكائنات الحية على البقاء فى منطقة ما، ويوضح شكل (١)، أهمية انسياب وتخزين المياه كجزء أساسى من وظائف النظام البيئى والتأثير المتبادل بين انسياب المياه وتواجد وانتشار المواد الحية وغير الحية فى النظام البيئى . (عن Muller and Windhorst, 2000).



جدول (١): أمثلة لبعض الأنماط الوظيفية

(التفاعلات البيئية فى النظام البيئى)

تفاعلات طاقة

- العناصر وعلاقات الإشعاع والطاقة الإشعاعية فى النظام البيئى.
- العناصر وعلاقات التوازن الحرارى فى النظام البيئى.
- انتقال الطاقة فى الشبكات الغذائية وتخزينها فى الكائنات والتربة وبقايا الكائنات.
- خروج الطاقة بالبخار والتتح.

تفاعلات المياه

- نقل المياه من مكان لآخر فى النظام البيئى خلال النبات.
- فقد المياه، التتح والبخار.
- نقل المياه وتسربها وتخزينها فى التربة.
- حركة المياه الجوفية والسطحية.

تفاعلات المواد

- نقل المواد المذابة مع انسياب المياه.
- نقل الغازات من وإلى الغلاف الجوى.
- أيض وتخزين المواد فى الكائنات الحية.

تفاعلات حيوية

- التنافس.
- التكافل.
- التطفل.
- المعاشية.

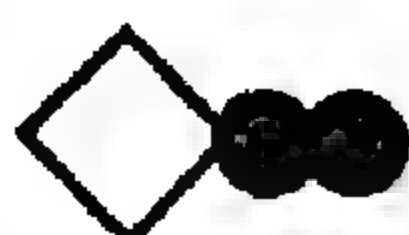
جدول (٢) بعض خصائص العلاقات الوظيفية فى النظام البيئى

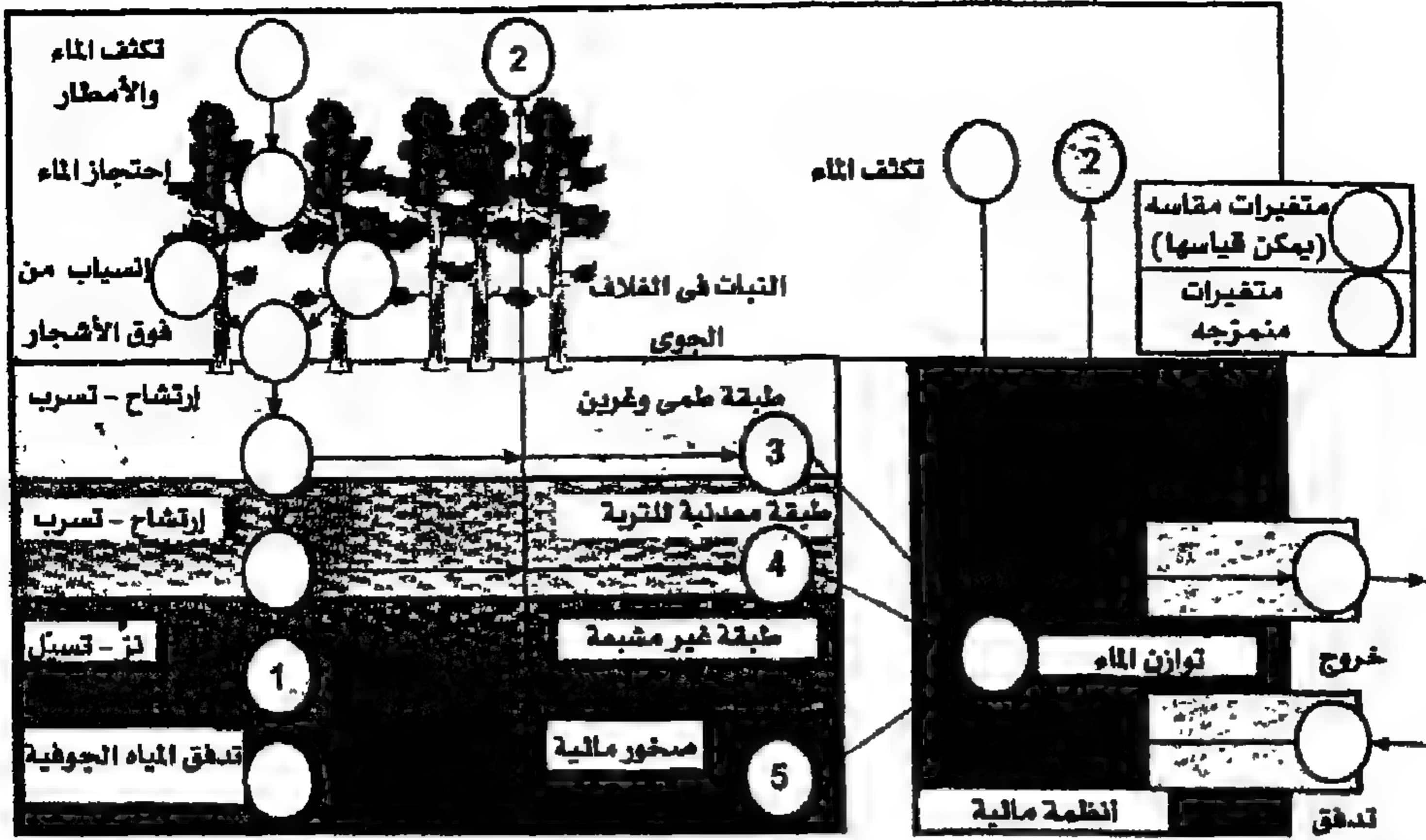
شكل التفاعلات
تغذية استرجاعية موجبة \Leftrightarrow تغذية استرجاعية سالبة
اتساع التفاعلات
تأثير غير مباشر \Leftrightarrow تأثير مباشر
تعقد التفاعلات
تأثيرات شبكية \Leftrightarrow تأثيرات متسلسلة
زمن التفاعلات
تأثير مزمّن - مستمر على المدى الزمنى الطويل \Leftrightarrow تأثير تلقائى - محدد بإطار زمنى أو فترة معينة
منطقة التفاعلات
تأثير على أكثر من وسط \Leftrightarrow تأثير على وسط معين
مدى التسلسل الهرمى للتفاعلات
تأثير على مجمل الأنظمة \Leftrightarrow تأثير على نظام بيئى معين
المدى المكاني للتفاعلات
تأثير إقليمي أو يشمل الكرة الأرضية \Leftrightarrow تأثير محلى أو موضعى فى منطقة ما
ازدواجية التفاعلات
تأثير متعدد \Leftrightarrow تأثير آحادى البعد
دلالة وأهمية التفاعلات
تأثير ضعيف \Leftrightarrow تأثير قوى



جدول (٣) بعض العوامل الحيوية التي تشكل عوائق تفاعلية للمجتمعات وأداء عملياتها الوظيفية.

عوامل جيولوجية
مثل أنواع الصخور ومستوى المياه الجوفية
عوامل طبوغرافية
مثل تآكل التربة، عدم التجانس الطبوغرافي للمستطحات
عوامل التربة
مثل نوع التربة ودرجة تركيز أيونات الهيدروجين
عوامل الطقس
مثل الإشعاع، الضوء، درجة الحرارة، الرياح، الضغط الجوي
عوامل جيوكيميائية
مثل وجود العناصر المغذية في التربة، العناصر النادرة
مدخلات غير حية
مدخلات الغلاف الجوي مثل الإشعاع، الأمطار.
مخرجات غير حية
مثل البخر، خروج المياه من النبات بالتتح، انسياب المياه من سطح التربة إلى الطبقات السفلى وارتشاحها من الطبقات السفلى إلى البحيرات والأنهار وغيرها من تجمعات المياه



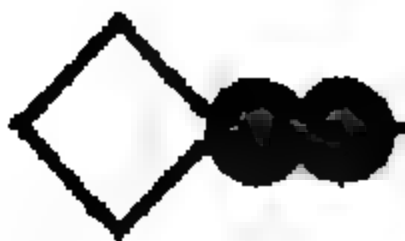


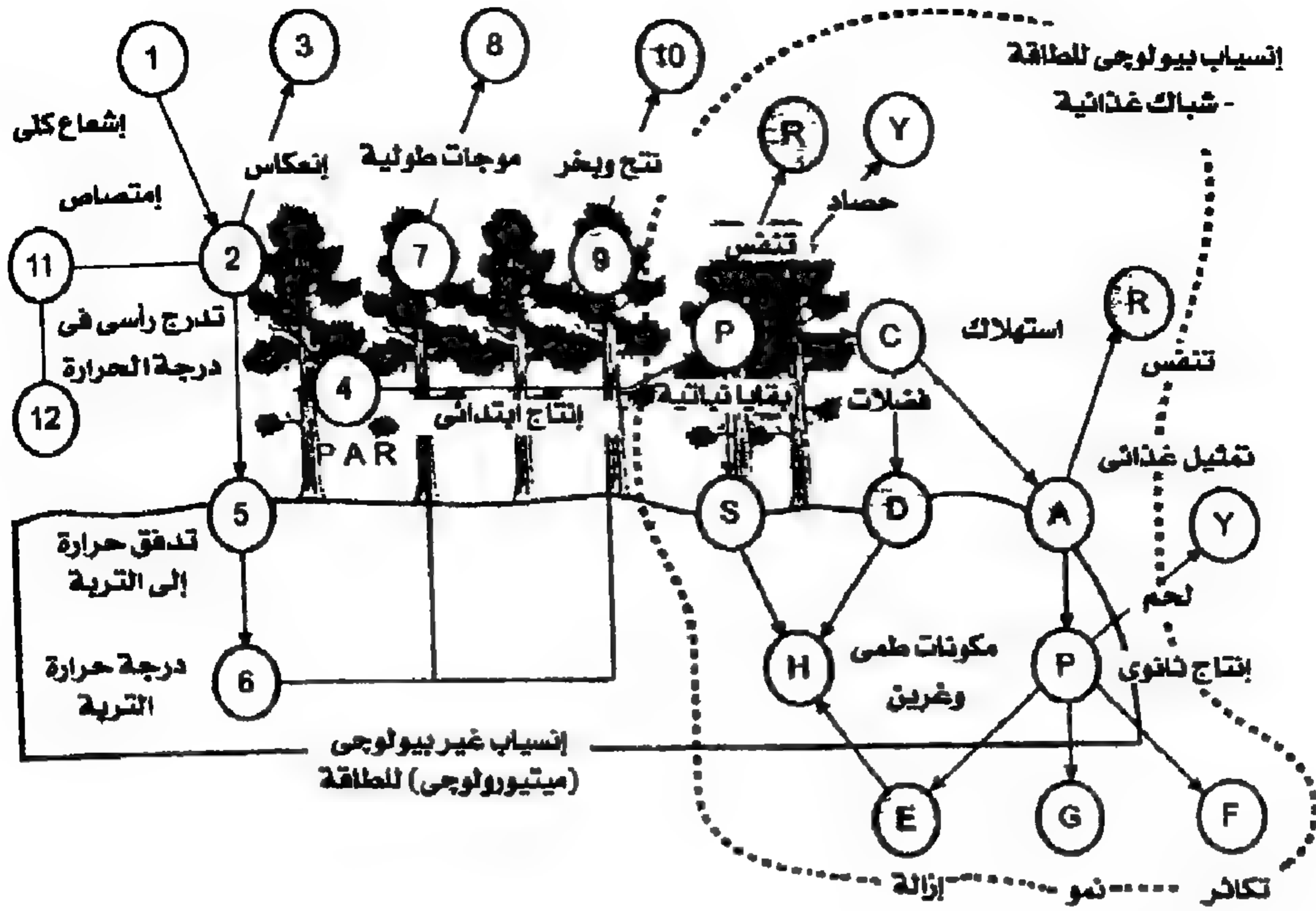
شكل (١): انسياب وتخزين المياه كجزء من وظائف النظام البيئي (١- معدل انسياب المياه من سطح التربة حتى تصل إلى خزانات المياه الجوفية) (٢- التبخر نتيجة النتج)، (٣- التآكل نتيجة المياه)، (٤- الانسياب البيئي)، (٥- انسياب المياه الجوفية).

عن (Muller and Windhorst, 2000)

ويكون انسياب الطاقة في النظام البيئي تابعا من العلاقات البيئية تربط بجميع العمليات والتغيرات في النظام البيئي، تلك العمليات والتغيرات ممثلة في شكل (٢) في مستويين متفاعلين حيث نجد في الشكل أن أحد المستويات هو الانسياب الميئورولوجي للحرارة والإشعاع (انسياب غير بيولوجي للطاقة) والمستوى الآخر هو الإنتاج الابتدائي وعمليات البخر والنتج، ويمكن قياس الانسياب البيولوجي وغير البيولوجي (الميئورولوجي) للطاقة بطرق فسيولوجيا البيئة - ecoph- ysiology وأجهزة الأرصاد العادية، فالانسياب الميئورولوجي والإنتاج الابتدائي والحرارة والإشعاع هي الجزء الكمي الواضح من التوازن الكلي للطاقة في النظام البيئي.

ولكن انسياب الطاقة في المجتمعات الحية لا يمكن تجاهله، ومن ثم فإنه يقترح أن عمليات انسياب الطاقة يجب أن تتضمن انسياب الكربون (حيث إن الطاقة تختزن في مركبات الكربون العضوية في الكائن الحي) في الشبكات الغذائية ويجب حساب الطاقة في مستجمعات الكربون في النظام البيئي (المواد العضوية في التربة وبقايا النباتات المتساقطة وأي بقايا لكائنات حية محتوية على الكربون).





شكل (٢): انسياب وتخزين الطاقة كجزء من وظائف النظام البيئي
(عن Muller and Windhorst, 2000).

إن عمليات إدخال وتخزين وانسياب وفقد «المادة» (مواد على صورة غذاء أو مركبات كيميائية) لها ارتباطات وظيفية بعمليات توزيع وحركة المياه والطاقة في الأنظمة البيئية. بالإضافة إلى انتقال المواد بالمياه فإن المواد أيضا يمكن أن تنتقل عن طريق انسياب الغازات أو العمليات البيوكيميائية، ويمكن أيضاً بقاء وتخزين المواد عن طريقة عمليات الامتزاز Adsorptive Processes في جزيئات التربة. وعلاوة على ذلك فإن بقايا العناصر تعتبر مخزناً للطاقة والمواد الغذائية والمواد الكيميائية. وهناك ثلاث فئات من العناصر أو الخصائص الكيميائية البيئية يجب تحليلها من الناحية الوظيفية وهي:

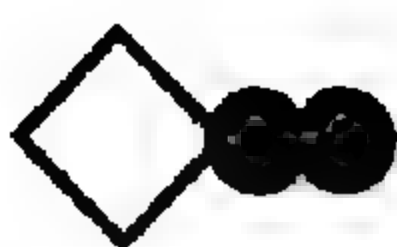
- المغذيات الأساسية: (مثل الكربون - النتروجين - الفوسفور - الكالسيوم - الصوديوم - الماغنسيوم).
- العناصر النادرة الهامة: (مثل المنجنيز - النحاس - الحديد).
- الخصائص الأساسية: (مثل الأس الهيدروجيني pH).

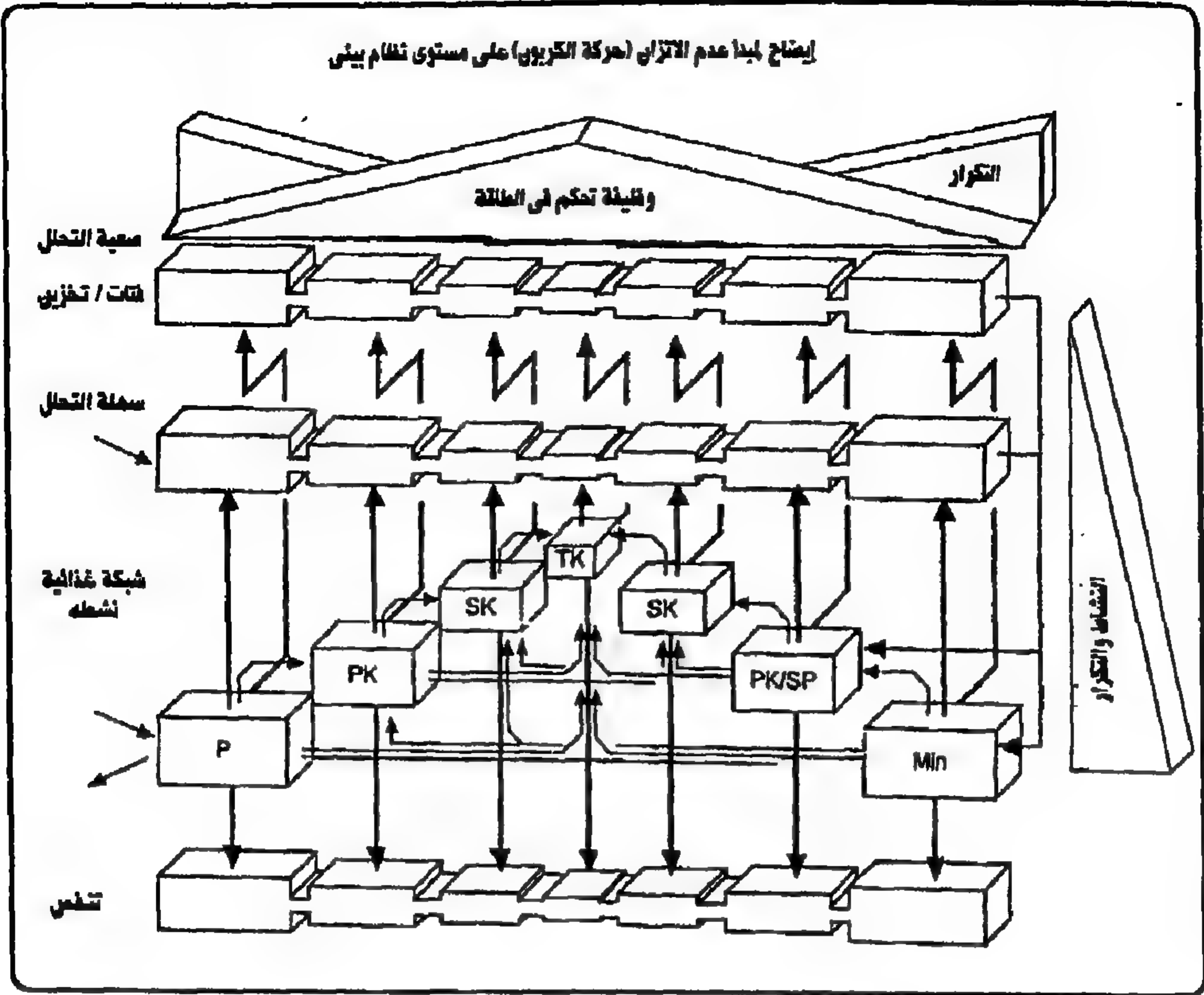
إن المجتمع الحيوى Biotic Community هو الجزء الحى والنشط فى الأنظمة البيئية، فالنبات والحيوان والكائنات الدقيقة تمثل القوى الدافعة لتدفق المياه والطاقة والمادة فى النظام البيئى. فالكائنات الحية تمثل الجزء الأساسى والرئيسى فى العمليات ذاتية التنظيم Self-organizing Processes. ويعطى شكل (٤) فكرة وظيفيا لتركيب المجتمع معتمدا على مبدأ عدم الاتزان الذى يمكن بموجبه تمييز الدرجات المختلفة من أنماط التوزيع الزمانى والمكانى. ولتقييم درجة تكامل هذه العمليات فإن بعض المعايير الخاصة "Bioceonotical Parameters" (راجع Windhorst, and Muller 2000) يجب أن تحدد كميا عن طريق اختيار أماكن محددة لعمليات جمع العينات على المدى الطويل من أماكن محددة Long Term Sampling Sites. وتعتبر المتغيرات التى سوف نذكرها من المؤثرات الهامة لوجود مبدأ الوظيفة للمجتمع Functionality of the community، وتلك المتغيرات هى:

- كثافة وفيض الأهلات والتنوع البيولوجى.
- التغيرات الموسمية وفينولوجيا Phenology الأنواع المختارة.
- مؤشر مساحة سطح ورقة النبات Leaf Area Index للموقع المختار.
- مجموعة مختارة من الكائنات الحية لتحديد محتوى الكربون (والطاقة) وانسياب المواد الغذائية Nutrient flow وتخزينها وتركيز المواد السامة.
- ويمثل التنوع العالى للكائنات الحية مشكلة خاصة بالنسبة لمتغيرات المجتمع، ومن ثم يجب اختيار بعض الأنواع لتعريف المدى البيوسنوتر Biocenotical Spectrum (المعايير الخاصة التى سوف تتم دراستها) الذى يجب فحصه ويمكن استخدام معايير مثل:

معدلات الانقلاب أو التحول Turnover Rates:

يعطى جدول (٤) ملخصا لتصنيف تلك العمليات كخصائص وظيفية مثل التضاد Antibiosis، والاتحاد الفسيولوجى Parabiosis، والتكافل Symbiosis.





شكل (٤): المفهوم الوظيفي للمتغيرات البيولوجية في المجتمع كأجزاء من وظائف النظام البيئي. ويلاحظ أنه موجه بناء على أنظمة الكربون والطاقة على مستويات تصاعدية مختلفة: - منتجات ابتدائية (نبات)، -P، مستهلكات ابتدائية (آكلات عشب)، -PK، مستهلكات ثانوية (مفترسات)، -SK، آكلات لحوم قمة الشبكة (مفترسات قمة)، -TK، كائنات (تخلق) مواد معدنية، -Min، آكلات العفن (كائنات رمية)، -PK، SP. ويلاحظ في الشكل أن حركة المواد والطاقة تخرج من شبكتين: مغذيات على النبات أو كائنات عاشبة على يسار الشكل (شبكة غذائية نباتية)، وكائنات مغذية على بقايا أجسام الكائنات الحية على يمين الشكل (شبكة رميات وآكلات عفن) (عن Windhorst, and Muller 2000).

جدول (٤): أمثلة لأنواع مختلفة من التفاعلات الحيوية (عن Breckling and Muller, 1997) (-) يرمز إلى إحياط (تثبيط)، (+) يرمز إلى تدعيم، (O) يرمز إلى عدم التأثير. (ش ١) شريك أول، (ش ٢) شريك ثاني.

نوع التفاعل	ش ١	ش ٢	صفات التفاعل
- تعادلية Neutralism			لا يوجد تأثير متبادل
- تضاد Antibiosis			تثبيط أحد الشركاء
- تنافس Competiton	-	-	نضال للحصول على نفس المصدر
- افتراس predation	+	-	انتقال الكتلة الحيوية للمفترس
- تطفل Parasitism	+	-	الطفيل يستخدم ويضر العائل
- قياده Amensalism	-	0	إحياط أحد الشركاء بدون أي منفعة للشريك الآخر
- ايلوباثي Allelopathy	0	-	إحياط عن طريق منتجات أيض
- اتحاد فسيولوجي Parabiosis			شريك واحد يدعم
- باروكي Parokie	+	0	تجاور
- ساينوكي Synokie	+	0	تعيش في مستعمرات (اعشاش) أنواع أخرى
- إيبوكي Epökie	+	0	تعيش في مستعمرات (اعشاش) أنواع أخرى
- إنتوكي Entökie	+	0	تعيش على أنواع أخرى
- تفاعلا تصنيعيه Fabric interactions	+	0	استخدام كائن آخر لبناء شيء مثل بناء اعشاش
- نقل حيوي Phoresis	+	0	استخدام فرد آخر للانتقال من مكان لآخر (مثل قملة سمك القرش التي تنتقل بواسطة السمكة)
- تبادل منفعة Symbiosis			يستفيد الشريكين من العلاقة
- تعاون اولى Protocooperation	+	+	التعاون اختياري
- تعاون إجباري Obligatory Co-operation	+	+	تبادل منفعة إجباري (مثل حالة النمل الأبيض والسوطيات التي تحيا داخل قنواته الهضمية للنمل).

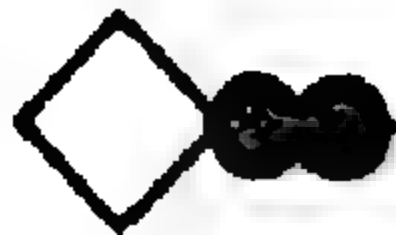
٢ - الجوانب الاجتماعية والاقتصادية Socio-economic aspects:

سوف تناقش هذا الموضوع من خلال نظرتنا للطبيعة على أنها مصدر نفع للإنسان، حيث تمدنا الطبيعة باحتياجاتنا من المصادر الطبيعية من أجل نمو الاقتصاد البشرى.

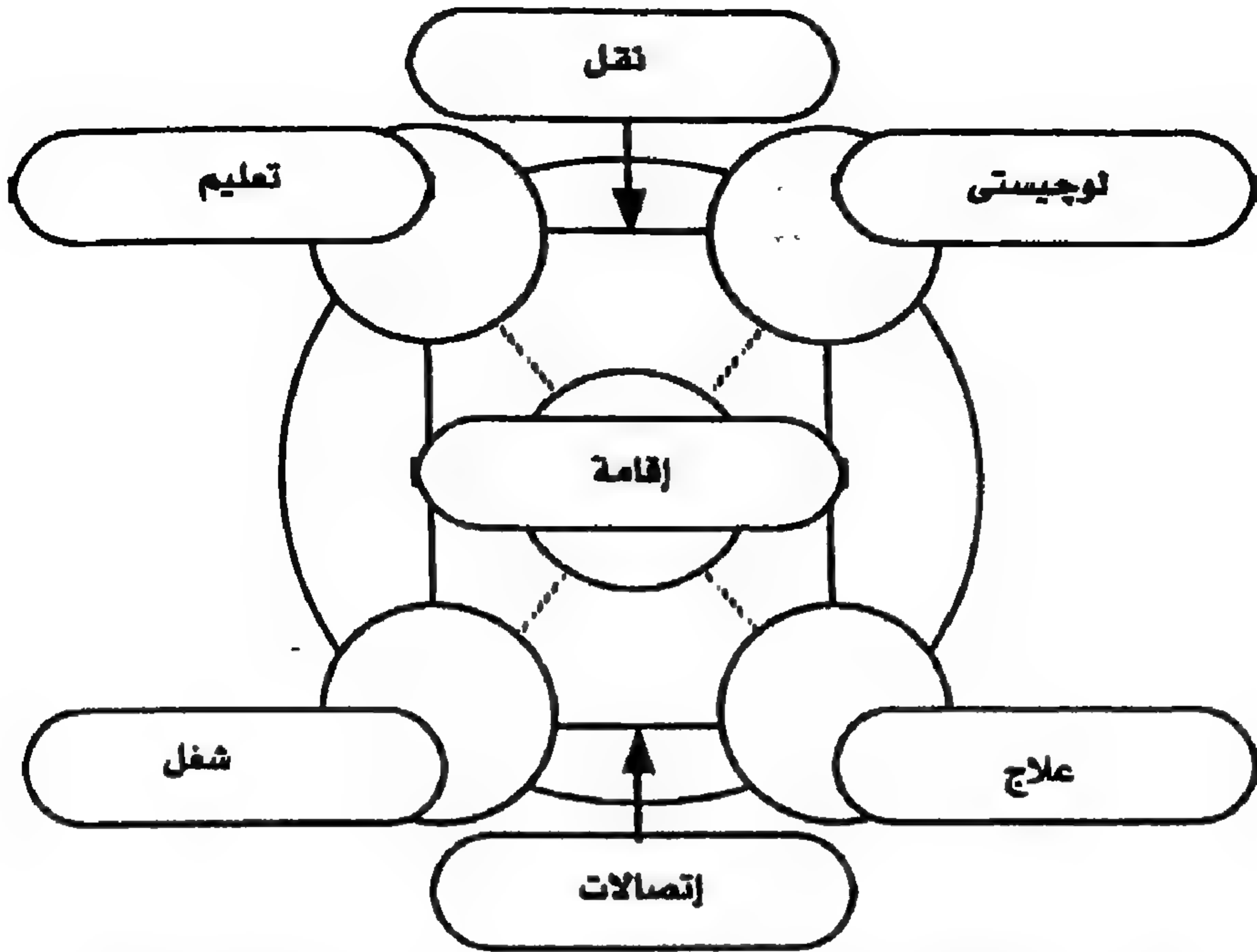
التنمية المستدامة تهدف إلى توزيع عادل ونمو مستمر فى الخدمات والسلع والمنتجات الطبيعية والحفاظ عليها وحمايتها لمنفعة البشرية على المدى الطويل وليس مجرد الاستهلاك المؤقت.

إن التنمية المستدامة Sustainable Development هى مبدأ متعدد الاتجاهات ويتضمن العديد من إسهامات علم البيئة ecology وعلوم المحيط البيئى Environ-mental Sciences، وقد ذكر (Bossel, 1998a) أن البحث عن أسس ومبادئ استرشادية لعملية التنمية المستدامة يتطلب نظرة عامة وفاحصة إلى النظام البيئى ككل أو النظام البيئى للكرة الأرضية Global Ecosystem، هذا النظام الذى أثبت استمرارية على مدى ملايين السنين. إن الأنظمة البيئية فى ذاتها تعتبر نماذج وأمثلة حية للأنظمة المعقدة المستديرة أو المستدامة فهى مستمرة منذ ملايين السنين، ومن الضرورى دراستها حتى يمكن أن نتعلم من الطبيعة الإدارة المستدامة للطموحات والمشروعات البشرية. وبعيدا عن فلسفة تعلم الإنسان من الطبيعة كنموذج ومثال، فإن القيود البيئية فقط هى التى تحدد فعاليات الحياة البشرية. هى التى تمد الإنسان بالظروف الصالحة للحياة، إن القيود البيئية هى التى تحدد سلوك الإنسان على المدى البعيد، ومن ثم فإن عمليات النظام البيئى فى مجملها تشكل حدود الأنشطة والقرارات البشرية.

إن تفاعل الإنسان مع الطبيعة (والذى يمثل طبقة أو شريحة من وظائف النظام البيئى). يجب أن يتغير بشكل تدريجى. يتحور التركيب البيئى باستمرار نتيجة تسيد وسيطرة الإنسان على مقدرات النظام البيئى، وهذا بدوره يؤثر على الوظائف الطبيعية لمكونات النظام البيئى، فعلى سبيل المثال نجد ظهور وتطبيق العديد من الاستراتيجيات لتقييم وإدارة المسطحات الطبيعية Landscape فى خلال السنوات الأخيرة. وتلك الاستراتيجيات تعتمد على المتطلبات الوظيفية للوجود



البشرى Function of Human Existence مثل النقل والتعليم والعمل والاتصالات
كما هو موضح فى (شكل ٥).

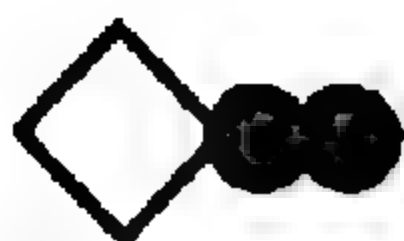


شكل (٥): الوظائف الأساسية للتواجد البشرى. عن (Maier et al., 1977)

ومن خلال تلك الوظائف الاجتماعية والاقتصادية للإنسان يمدنا النظام البيئى وتحت الأنظمة Subsystems بالخدمات الطبيعية مثل النظافة، الترشيح، إعادة التدوير، دورات المواد، التحذير، النقل، الاكتشافات، الرفاهية، الأمان، الإنتاجية، التحذير المبكر، السيطرة، وغيرها من «الخدمات الطبيعية» وقد ظهرت العديد من النماذج الحديثة (جدول ٥) التى توضح الوظائف الطبيعية للنظام البيئى من منظورات اجتماعية واقتصادية متعددة.

هذا، وقد أعطى (de Groot, 1992) تحليلاً لتلك الوظائف (جدول ٦) يعطى هذا الجدول أكثر من ٣٥ وظيفة طبيعية، والإدارة السليمة للأنظمة البيئية والمساحات الطبيعية تتطلب ضرورة أخذ جميع تلك الوظائف فى الاعتبار.

ومن ناحية أخرى، فإن المعايير المعطاة فى جدول (٦) تؤكد على أنه من المستحيل تقسيم الخدمات الطبيعية بمقياس مادي أو اقتصادي محض، وهذا ما يجب



أن يضعه أصحاب القرار في اعتبارهم حيث يجب عليهم النظر في خططهم باهتمام وعلى أسس تعتمد على معلومات وظيفة لمكونات النظام البيئي.

في إطار الوظائف الاجتماعية الاقتصادية للنظام البيئي، فإن تحت الأنظمة البيئية Ecolocial Subsystems تمدنا بخدمات أو سلع طبيعية كما أسلفنا الذكر وبصفة عامة يمكن تمييز أربع أشكال من الوظائف أو الخدمات الطبيعية التي يمدنا بها النظام البيئي:

• وظائف تنظيمية Regulation Functions:

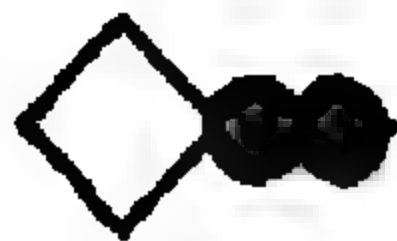
وهي وظائف تتعلق بقدرة الأنظمة البيئية على تنظيم العمليات البيئية الأساسية ونظم دعم الحياة life support systems. وتلك نتائج طبيعية للتفاعلات البيئية والتي تعتبر حجر الزاوية لجميع الأنظمة الحية على الكرة الأرضية.

وظائف حمل Carrier Functions: وتعلق بإمكانية النظام البيئي على إمدادنا بالفراغ والأرضية المناسبة للأنشطة البشرية مثل السكن والنقل والتخلص من المخلفات والراحة والاستجمام والاتصالات وغيرها.

وظائف إنتاجية Proudction Functions: وتعلق بإمداد النظام البيئي للبشر بالمصادر الطبيعية ومنتجاتها والإنتاجية تمثل بصفة عامة في الإمداد بالمصادر الطبيعية والمصادر البيولوجية والمصادر الزراعية، وعموما فإن الأغذية البشرية والصناعة تعتمد على تلك الوظائف.

وظائف معلوماتية information Functions: ويمكن تعريف الوظائف المعلوماتية على أنها انسياب أو حركة المعلومات بين المجتمع والطبيعة وتأثيراتها حيث ذكر (de Groot 1992) إن «الأنظمة البيئية الطبيعية تساهم في الحفاظ على الصحة العقلية للجنس البشري بما تقدمه من فرص لإثراء الفكر والتأمل الديني والإدراك والخبرات الجمالية».

هذه الوظائف تتمثل في حركة المعلومات بين المجتمع البشري والطبيعة. إن الأنظمة الطبيعية هي العامل الرئيسي لاستمرار العقل البشري حيث إن البيئة هي مصدر الإلهام البشري والحس الديني ونمو إدراك البشر للبحث عن أصل وحقيقته الوجود وراء الطبيعة.



جدول (٥): بعض الوظائف الطبيعية natural function ومنظومات مختلفة في سياق الإدارة والتخطيط للمحيط البيئي ، عن

(Bouma, 1972; Maeral and Dauverlier, 1978; Fink, 1987; Marks et al., 1989, de Groot, 199; Müller, 1998a).

منظور اقتصادي	منظور بيئي	منظور تخطيطي	منفعة بحرية
استهلاك عام: - الهواء. - المناظر الطبيعية. - الرفاهية.	وظائف إنتاجية: - غذاء. - مواد خام. - طاقة مائية. - عناصر جديدة.	وظائف إنتاجية: - مكونات غير حية. - زراعة.	وظائف إنتاجية: - طاقة. - مياه. - كتلة حية
مصادر طبيعية: - الماء. - الإشعاع الشمسي. - المعادن. - الأكسجين.	وظائف نفعية: - تعليم. - صحة. - ترفيه. - فنون.	وظائف حمل (نقل) - أنشطة سكانية. - أنشطة زراعية. - أنشطة صناعية. - امتصاص مخلفات.	وظائف مسطحات طبيعية: - تنظيم درجة الحرارة - تنظيم المياه. - نمو السواحل البيئي.
استقبال المخلفات: - CO ₂ . - SO ₂ . - مخلفات.	وظائف علمية: - تخزين المعلومات. - الأبحاث.	وظائف معلوماتية: - بحث. - تعليم.	وظائف جمالية: - تأثيرات نفسية. - تنوع.
إمداد بالمساحات: - صناعة. - زراعة. - إسكان. - بنية تحتية.	وظائف بيئية: - حفظ الجينات. - إعادة تدوير المخلفات. - إنتاج الأكسجين.	وظائف تنظيمية: - تنقية. - اتزان.	وظائف بيئة بشرية: - وظائف أرصاد جوية. - وظائف بيولوجية. - ممارسة الرياضة.

جدول (٦): وظائف المحيط البيئي. عن (de Groot, 1992). تفاعل محلي، تفاعل إقليمي، تفاعل مستوى الكرة الأرضية الرمز (+) يشير إلى دور العنصر على المستوى المحلي أو الإقليمي أو على مستوى الكرة الأرضية

وظائف تنظيمية	تفاعل محلي	تفاعل إقليمي	تفاعل على مستوى الكرة الأرضية
١- حماية من التأثير الكوني.	-	-	+
٢- تنظيم توازن الطاقة.	+	+	+
٣- تنظيم كيميائي للفلاف الجوى.	-	-	+
٤- تنظيم كيميائي للماء والمحيطات.	-	-	+
٥- تنظيم الطقس والمناخ .	+	+	+
٦- تنظيم جريان المياه ومنع الفيضانات.	+	+	+
٧- تجمع المياه الجوفية.	-	+	-
٨- السيطرة على التآكل والترسب.	+	+	-
٩- تنظيم خصوبة التربة.	+	+	+
١٠- تنظيم انتاج الكتلة الحيوية.	+	+	+
١١- تنظيم المادة العضوية.	+	+	+
١٢- تنظيم الأنسجة الغذائية.	+	+	+
١٣- تخزين المخلفات البشرية.	+	-	-
١٤- التحكم البيولوجي.	+	+	+
١٥- استمرارية الموائل والبيئات.	+	+	+
١٦- استمرارية التنوع.	+	+	+

وظائف معلوماتية:	تفاعل محلي	تفاعل إقليمي	تفاعل على مستوى الكرة الأرضية
١- معلومات جمالية.	+	+	-
٢- معلومات روحية (دينية).	+	+	-
٣- معلومات تاريخية.	+	-	-
٤- معلومات تعليمية، علمية.	+	+	+
٥- إلهام ثقافي.	+	+	-
وظائف إنتاجية:			
١- الأكسجين	-	-	+
٢- المياه للاستخدام الأدمي	+	+	-
٣- الغذاء	+	+	+
٤- المادة الوراثية	+	+	+
٥- مواد طبية (دوائية)	+	-	-
٦- مواد خام (إنتاج الملابس)	+	-	-
٧- مواد خام للبناء وغيره	+	-	-
٨- مواد بيوكيميائية	+	-	-
٩- وقود وطاقة	+	-	-
١٠- مخصبات	+	-	-
١١- مصادر للزينة	+	-	-
وظائف حمل (نقل):			
١- استيطان بشري.	+	+	+
٢- زراعة.	+	+	+
٣- حفظ الطاقة.	+	+	+
٤- الراحة والاستجمام والسياحة.	+	+	+
٥- حماية الطبيعة.	+	+	+

٥- التنمية المستدامة ووظائف النظام البيئي

Ecosystem Functions and Sustainable Development :

الأصل فى التنمية المستدامة أنها استراتيجية بشرية فى إطار فلسفة أن الإنسان هو محور الحياة وأهم الموجودات على الإطلاق. ولتحقيق أهداف الاستدامة فإن المبدأ الرئيسى هو حماية المصادر الطبيعية، أو فى عبارة أخرى حماية أنظمة دعم الحياة Life Support Systems من أجل مستقبل البشرية وتجنب المخاطرة بمصالح الإنسان وما حققه من إنجازات حضارية، ومن ثم فإن متطلبات التنمية المستدامة هى فى الأصل والجوهر متطلبات بيئية، ومن أجل الحفاظ على وظائف النظام البيئي أعطى علماء البيئة خصائص أو صفات عامة للاستراتيجيات الواقعية للتنمية المستدامة وبعض تلك الخصائص أو الصفات يمكن تلخيصها فيما يلى:

استراتيجيات على المدى الطويل Long Term Strategies،

يجب أن تكون استراتيجيات التنمية المستدامة طويلة الأمد حيث إن معدل أو زمن تأقلم النظام البيئي للتغيرات التى يحدثها البشر أقل بكثير من معدل إحداث تلك التغيرات، أو فى عبارة أخرى يمكن القول بأن سرعة تأقلم الأنظمة البيئية أقل بكثير من سرعة نمو التقنيات البشرية، ومن ثم فإنه عند وضع الاستراتيجيات يجب الأخذ فى الاعتبار ضرورة تكيف الفترة الزمنية للتغيرات التى يحدثها البشر مع زمن العمليات الطبيعية، فمثلاً إذا أزيلت من إحدى الغابات شجرة واحدة يومياً من الأشجار المعمرة فهذا يعنى أنه فى خلال عشر سنوات سوف يصبح عدد الأشجار التى تم قطعها ٣٦٥٠ شجرة. والسؤال الآن: هل يتم نمو نفس العدد من الأشجار لتصل إلى نفس المرحلة فى خلال عشر سنوات؟ وإذا حدث ذلك فهل يمكن أن يستعيد النظام البيئي فى تلك الغابة حالته الأصلية وبنفس الصورة التى كان عليها قبل بداية عمليات قطع الأشجار؟



• استراتيجيات متداخلة المحاور Interdisciplinary Stratigies:

يجب وضع خلاصات الدراسات البيئية فى إطار موحد للتوصل إلى سبل الإدارة المستدامة للمحيط البيئى ويجب أيضا وضع العناصر الثقافية والاجتماعية والاقتصادية فى الاعتبار (راجع Judes, 1998).

• استراتيجيات شمولية Holistic Stratigies:

يجب أن تتعامل استراتيجيات التنمية المستدامة مع العلاقات بين الإنسان والطبيعة على اعتبار أنها كيانات وظيفية Functional Entities تتبع قوانين الأنظمة المفتوحة، ومن ثم فإنه يجب تطبيق تقنيات تحليل الأنظمة للتعامل مع تلك الوحدات الوظيفية، وهذا يعنى ضرورة أن تأخذ استراتيجيات التنمية المستدامة التأثيرات غير المباشرة ودرجة تعقيد النظام البيئى فى الاعتبار.

• استراتيجيات واقعية Realistic Stratigies:

من الضرورى تبصير صانعى القرار بالقيمة الفعلية للبيانات المتاحة ومدى صحتها حيث يجب إعطاء البيانات البيئية مع إيضاح لمدى الشك Uncertainty فى تلك البيانات كما يجب أيضاً إيضاح إمكانية وجود أخطاء فى طرق استنتاج الحقائق methodological أو الطرق الإحصائية المتبعة.

• استراتيجيات موجهة من الطبيعة، Nature Oriented Stratigies:

تبدى الطبيعة بصفاتها الوظيفية نموذجاً جيداً للاستراتيجيات المستدامة (Bossel, 1998b) وقد أشرنا إلى تلك الحقيقة فى هذا الفصل، ومن ثم فإن تفاعلات النظام الطبيعى يمكن أن يسترشد بها حىال تفاعلات الإنسان وأنشطة الإدارة.

• استراتيجيات معتمدة على النظريات Theory Based Stratigies:

يجب أن نبنى استراتيجيات التنمية المستدامة على أسس نظرية سليمة ومتوازنة، ويجب تطبيق الجوانب المختلفة لعلوم النظام البيئى (راجع Muller et al., 1997a,b).

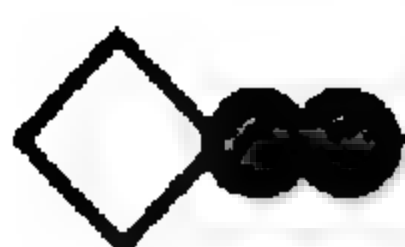


- مراجع مختارة:

- Bahg, C.G. 1990.** Major systems theories throughout the world. Behav. Sci. 1990,35: 79-101.
- Bossel, H. 1992.** Real-structure process description as the basis of understanding ecosystems and their development. Ecological Modelling 63:261-276 .
- Bossel, H. 1998a.** Ecological orientors: Emergenve of basic orientors in evolutionary self-organization. In: Muller, F. and Leupelt, M. (eds). Eco targets, goal functions and orienters. Springer. Berlin, Heidelberg, New York, 19-33.
- Bossel, H. 1998b.** Ecosystems and society: Orientation for sustainable development. In: Muller, F. and Leupelt, M. (eds.) Eco targets, goal functions and orienters. Springer. Berlin, Heidelberg, New York, 366-380.
- Bouma, F. 1972.** Evaluatie van natuurfuncties. Verkenningen van het I.V.M,-VU, Series A, No.3, Amsterdam.
- Breckling, B. 1992.** Uniqueness of ecosystems versus generalizabilty and predictability in ecology. Ecological Modelling 63, 1-4:13-28.
- De Groot, R.S. 1992.** Functions of nature. Wolters-Noorhoff.
- Finke, L. 1987.** Okologische Potentiale als Element der Flachenhayshaltspolitik. ARL Forschungs-und Sitzungsberichte Bd. 173, 202-228.



- Gertberg, W. 1994.** Umwelt und menschliches Handeln, eine flux-bezogene, systemische Betrachtung anhand graphischer Modelle. Diss. Freising-Weihenstephan.
- Haber, W. 1995.** naturhaushalt. In: Handwörterbuch der Raumplanung. Hannover, 661-663.
- Haase, G. 1991.** Theoretische und methodische Grundzüge der Interpretation. In: Haase, G. (Hrsg.) Naturraumerkundung und Ländnutzung. Leipzig.
- Janstsch, E. 1988.** Die Selbstorganisation des Universums. München.
- Jax, K., Vareschi, E. and Zauke, G.P. 1993.** entwicklung eines theoretischen konzepts zur okosystemforschung Wattenmeer. UBA-Textle 47/93 .Berlin.
- Jüdes, U. 1998.** Human orientors: A system approach for transdisciplinary communication of sustainable development by using goal functions. In. Müller, F. and Leupelt, M. (eds). Eco targets, geal functions and orientors. Springer. Berlin, Heidelberg, New York, 381-394.
- Leser, H. 1994.** Westermann-Lexikon Ökologie und Umwelt. Braunschweig.
- Leser, H. 1995.** Landschaftsökologie. Stuttgart.
- Maarel, E. van der 1978.** Naar een Gloëaal Ecologisch Model (GEM) voor de Ruimtelijke Ontwikking van Nederlan. Min. van Volkshuisv. En Ruimt. Ord., Den Haag.
- Maier, J., R. Paesler, K. Ruppert and F. Schaffer 1977.** Sozialgeographie. Braunschweig.



Marks, R.; Müller, M. J.; Leser, H. and Klinik, H.J. 1989. Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushalts. Forschungen zur deutschen Landeskunde. Band 229, Trier.

Müller, F. 1992. Hierarchical approaches to ecosystem theory. Ecological Modelling 63:215-242.

Müller, F. 1996. Ableitung von integrativen Indikatoren der Funktionalität von Ökosystem and Ökosystemkomplexen für die Beschreibung des Umweltzustandes im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR). In: Statistisches Bundesamt (Hrsg.) Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Bd. 2 Wiesbaden.

Muller, F. and Windhorst, W. 2000. Ecosystems as functional entities. In S. E. Jorgensen & F. Muller (eds.) Handbook of ecosystem theories and mangement. Pp:31-49-lewis publishers. USA.

Müller, F. 1998. Gradients in ecological systems. Proceedings of the Eco-Summit 1996 in Copenhagen, Ecological Modelling 108: 3 - 21.

Müller, F., B. Breckling, M. Bredemeier, V. Grimm, H. Malchow, S.N. Nielsen and E. W. Reiche 1997a. Ökosystemare Selbstorganisation. In: Franzle, O., F. Müller and W. Schrod-er (Hrsg.): Handbuch der Ökosystemforschung Landsberg, Chapter III-2.4.



Müller, F., B. Breckling, M. Bredemeier, V. Grimm, H. Malchow, S. N. Nielsen and E. W. Reiche 1997b. Emergents Okosystemeigenschaften. In: Franzle, O., F. Müller and W. Schroder (Hrsg.): Handbuch der Okosystemforschung. Landsberg, Chapter III-2.5.

Müller, F. & Windhorst, W. 2000. Ecosystem as functional entities. In S.E.Jorgensen & F. Muller (eds.). Handbook of ecosystem theories and management. Pp. 33:99. Lewis Publishers, USA.

Odum, H. T 1983. Systems ecology. An introduction. New York.

Schaefer, M. 1992. Worterbucher der Biologie. Okologie. Jena.

Schwerdtfeger, F. 1975. Synökologie. Okologie der Tiere, Bd. 3. Hamburg, Berlin.

Ulanowicz, R. E., 1998. Network Orientors: Theoretical and Philosophical Considerations why Ecosystems may Exhibit a Propensity to Increase in Ascendency. Chap. 2.10 In: Muller, F. and Leupelt, M., (eds.) 1998.



الفصل السابع

معلوماتية النظام البيئي



- مقدمة.

١- مفهوم المعلومات والاتتروبي في نظرية المعلومات

٢- المعلومات والانتظمة الاحيائية.

٣- التطبيق المباشر لنظرية المعلومات في الانتظمة البيئية.

٤- نظرية المعلوماتية والتنوع الاحيائي.

٥- ابحاث المعلوماتية والبنية التحتية للمعلومات الاحيائية.

- مراجع مختارة.

مقدمة

تمتد جذور علوم نظريات الاتصالات أو المعلومات "Information Theory" or "Communication Theory" إلى الدراسات التي قدمها Hartley في نهاية العشرينيات وCherry في بداية الخمسينيات من القرن الماضي (Hartley, 1928; Cherry, 1951) حيث أشار الأخير إلى تاريخ نظرية المعلومات والتي اعتبرها امتداداً منطقياً لبحث المؤلف الأول (Hartley, 1928) عن نقل المعلومات. وبصفة عامة فإن علم المعلوماتية قد تم بناؤه على الأبحاث المقدمة من «شانون» و«ويفر»، كما سوف يتضح لاحقاً وكان ذلك في منتصف القرن الماضي (Shanon, 1949; Shanon and Weaver, 1948). وقد قدمت نظرية المعلوماتية على أنها نظرية شمولية يمكن تفعيلها وتطويرها، وبالفعل نجحت النظرية في اختراق عدد من مجالات العلوم البيولوجية وعلوم البيئة (Nielson, 2000). ويهدف هذا الفصل من الكتاب إلى إلقاء الضوء على النقاط التالية:

(١) مفهوم وبدايات نظرية المعلومات والاتصالات.

(٢) بعض تطبيقات نظرية المعلومات في أفرع معينة من العلوم البيولوجية وتحديدًا للتنوع الأحيائي وتطور الكائنات الحية، وقد أعطينا مقارنة لشرح بعض آليات التطور من خلال النظرية الكلاسيكية ونظرية المعلومات.

(٣) التعامل مع مفهوم الأنثروبى في نظرية المعلومات وعلوم البيئة والنظام البيئي.

(٤) وأخيراً يجيب المؤلف على بعض التساؤلات بخصوص المعلوماتية الأحيائية والبنية التحتية للمعلوماتية الأحيائية ومعلوماتية النظام البيئي.

ويقدم هذا الفصل مراجعة لقائمة Bibliography تشتمل على أكثر من مائة مرجع عن أصول نظرية المعلومات وتطورها وتطبيقها في مجال علوم الأحياء والأنظمة البيئية فيما يعرف بعلم المعلوماتية الأحيائية ومعلوماتية النظام البيئي.

١- مفهوم المعلومات والانتروبي في نظرية المعلومات:

يختلف استخدام لفظ «المعلومات» في نظرية المعلومات عنه في الحياة العادية مما يشكل عائقاً في فهم وتطبيق نظرية المعلومات، وقد أعطى (Nielsen, 2000) مثلاً لتوضيح ذلك حيث ذكر أن أربعة أحرف إنجليزية (p, r, o, c) يمكن أن تعطي ٢٥٦ كلمة (٤)؛ ومن جملة تلك الكلمات هناك كلمات قليلة سوف يكون لها معنى في مفهومنا العام مثل كلمة «crop» أما باقى الكلمات الناتجة عن ٢٥٦ فقد ينظر لها على أنها عديمة المعنى أو أخطاء هجائية بالنسبة للمبرمج، ولكن من وجهة نظر نظرية المعلومات فإن جميع الكلمات (٢٥٦) تتساوى في مقدار ما تحتويه كل منها من معلومات، وبالتالي تتساوى كل تلك الكلمات في الأهمية. ومن أهم نقاط الخلاف في مفهوم شانون للمعلومات هو أن هذا المفهوم يتناظر مع مفهوم الانتروبي Entropy في الديناميكا الحرارية. مما أدى إلى حدوث الكثير من الخلط بين المفهومين، ولكن العديد من علماء وفلاسفة المعلوماتية يحاول إيضاح هذا الخلط لإزالة التداخل بين دلالة لفظ الانتروبي Entropy في الديناميكا الحرارية وعلوم الأنظمة البيئية وعلوم المعلوماتية، وبالعودة إلى معنى لفظ أنتروبي في قاموس ويبستر (Webster's new twentieth century second Edition, 1979) وجد أن لفظ أنتروبي يحمل الدلالات الآتية:

* في نظرية المعلوماتية وعلوم الكمبيوتر: هو قياس لمحتوى المعلومات في رسالة مقيماً على أساس ما يحتويه من مستوى الشك، أى أن مقدار الانتروبي يعتمد على تقييم محتوى الشك، في رسالة أو محتوى.

"In information theory and computer science: entropy: a measure of the information content of a message evaluated as to its uncertainty".

* في علم الديناميكا الحرارية: الانتروبي هو «مقياس» لكم الطاقة غير المتاحة لعمل شغل مفيد (يمكن قياسه) في نظام يقع تحت تغير في الطاقة.

"In thermodynamics: entropy: measure the amount of energy unavailable for useful work in system undergoing change".

* في قياس درجة الاضطراب في مادة أو نظام: وهنا تتزايد الانتروبي وتتقلص الطاقة المتاحة في نظام مغلق مثل النظام الكوني.

"A measure of the degree of disorder in a substance or a system: Entropy increases as available energy diminishes in a closed system like the universe".

وبالرغم من ذلك فإن نظرية المعلومات لقيت تطبيقاً في العديد من مجالات علم الأحياء، وعلى سبيل المثال البحوث المقدمة في الخمسينيات من E.P; H.T. Odum وغيرهم، وسوف نعطي لاحقاً أمثلة أخرى على تطبيق نظرية المعلومات في قياس التنوع الحيوي وتحليل المادة الوراثية وتطور الكائنات الحية.

ومن ناحية أخرى فإن مفهوم معلومات الديناميكا الحرارية -Thermo-dynamical Information أصبح مرتبطاً ارتباطاً واضحاً بالعناصر البيولوجية التي تكون الكائن الحي (الكربون - الهيدروجين - التروجين - الأكسجين - الفوسفور - الكبريت) (Morowitz, 1979) وراجع أيضاً Mejer (1977; Jorgensen, & Mejer, 1979; Jorgensen and Mejer, 1981; Ulanowicz, 1986, 1998; Nielsen 2000.

أ- بداية نظرية المعلومات: يرجع بداية ظهور نظرية المعلومات، كما نوهنا سابقاً، إلى شانون عام ١٩٤٨ (Shanon, 1948)، وفي العام التالي قدم شانون وويفر (Shanon & Weaver, 1949) أول مرجع في الموضوع وهو مرجع بعنوان «النظرية الرياضية في الاتصالات» Mathematical Theory of Communication.



ولكن الشيء الذى اعترض عليه العديد من العلماء هو إدخال لفظ "Entropy" (وقد أعطينا مفاهيمه سابقاً) فى المناقشة، وربما كان خلاف العديد من العلماء يرجع إلى أنه لا أحد يعلم على وجه التحديد ما هى الأنتروپى. وبصفة عامة فإن مفهوم المعلومات أو المعلوماتية قد نوقش فى العشرات من الأبحاث لمحاولة وضع لفظ المعلوماتية فى إطار ذى ماهية محددة، راجع (Chaitin, 1992; Stonier, 1990, 1992, 1997).

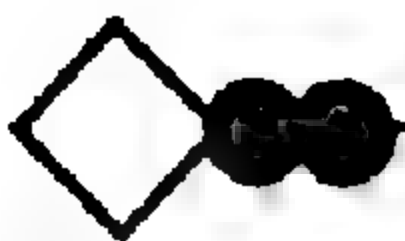
ب- نظرية الاتصالات: أوجد شانون عام ١٩٤٩ نظرية الاتصالات كعلم قائم بذاته (Shanon, 1949)، أما نظرية الاتصالات فقد أسسها ويفر وصيغت النظريتان فى الكتاب المذكور سابقاً (Shanon & Weaver, 1949).

وقد ذكر ويفر عام ١٩٤٩ أن هناك ثلاثة مستويات من مشاكل الاتصالات مرتبطة بعملية الاتصال (نقل المعلومات) وهى:

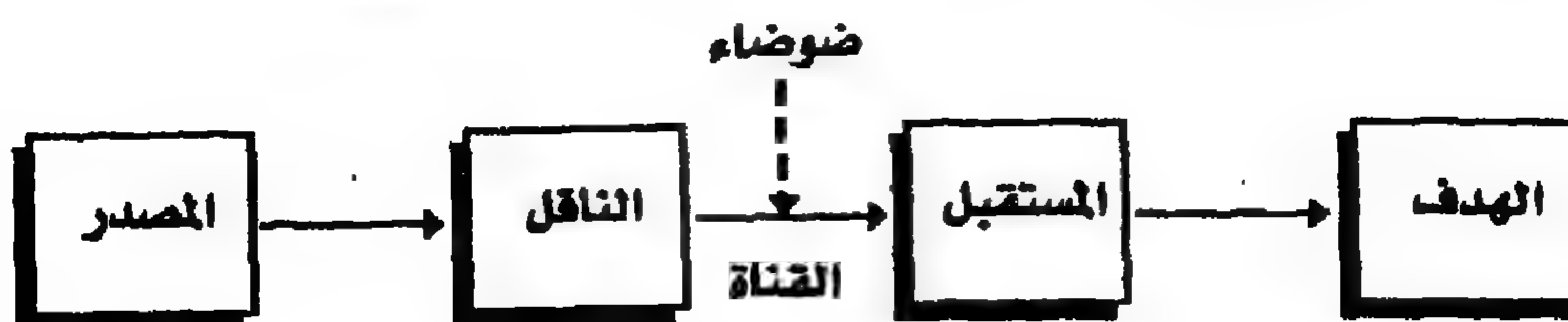
- ١- مشاكل تقنية (دقة الانتقال).
- ٢- مشاكل دلالات المعلومة (تفسير المعلومة).
- ٣- مشاكل تأثير المعلومة (نجاح المعلومة فى الوصول إلى المتلقى أو الهدف).

وقد عاجلت نظرية شانون المستوى الأول حيث يرى شانون (Shanon, 1949) أن نظام الاتصال يتكون من خمسة أجزاء:

- ١) مصدر المعلومة أو الإشارة.
- ٢) الناقل (وسط انتقال المعلومة أو الإشارة).
- ٣) قناة الاتصال.
- ٤) المستقبل.
- ٥) نهاية الرحلة أو الهدف.



وقد تتعرض الإشارة إلى ضوضاء (Noise) أثناء انتقالها خلال قناة الاتصال ومن ثم يمكن أن تختلف الإشارة عند وصولها إلى الهدف عن الإشارة المرسلّة. ويوضح الشكل التالي (شكل ١) تلك الخطوات عن (Nielsen, 2000).



(شكل ١)

وتتكون أى إشارة من تتابع من الرموز وقد تكون هذه الرموز أحرفاً أو أرقاماً... إلخ. وتتكون رموز كل إشارة من عدد معين من مجموعة رموز ممكنة. وقد أوضح ويفر (Weaver, 1949) ذلك فى النقاط التالية:

- * يختار مصدر المعلومات الرسالة المطلوبة من مجموعة رسائل ممكنة.
- * ربط المعلومة فى نظرية المعلومات بما يمكن أن تعنيه أكثر من ارتباطها بمعنى محدد.

وأخيراً توصل شانون إلى الدالة H:

$$H = -K \sum_{i=1}^n P_i \log P_i \quad (1)$$

والثابت K يشير إلى اختيار الوحدات.

- وذكر ويفر أنه:

- * كلما زادت درجات الحرية (Degrees of Freedom) تعاظم معها مستوى الريبة Uncertainty وأيضاً كم المعلومات Information فى نفس الوقت، وتعاظم كم المعلومات مع ارتفاع مستوى الريبة قد يعنى فى ظاهره أن الضوضاء Noise تبدو مفيدة.

ومن خلال العبارة الأخيرة يكون ويفر قد لمس أحد العضلات فى نظرية المعلومات (Neilsen, 2000) ولكنه أشار إلى هذا على أنه خدعة لفظية (Semantic trap) فى حال عدم تذكر تعريف المعلومات.



٢- المعلومات والأنظمة الأحيائية:

"Information and Biological Systems"

عرف (Morowitz, 1970) المحتوى المعلوماتي للرمز (Information Content of a Symbol) من خلال العلاقة:

$$I = \ln P_r - \ln_2 P_s \quad (2)$$

$$I = \ln \frac{P_r}{P_s} \quad (3)$$

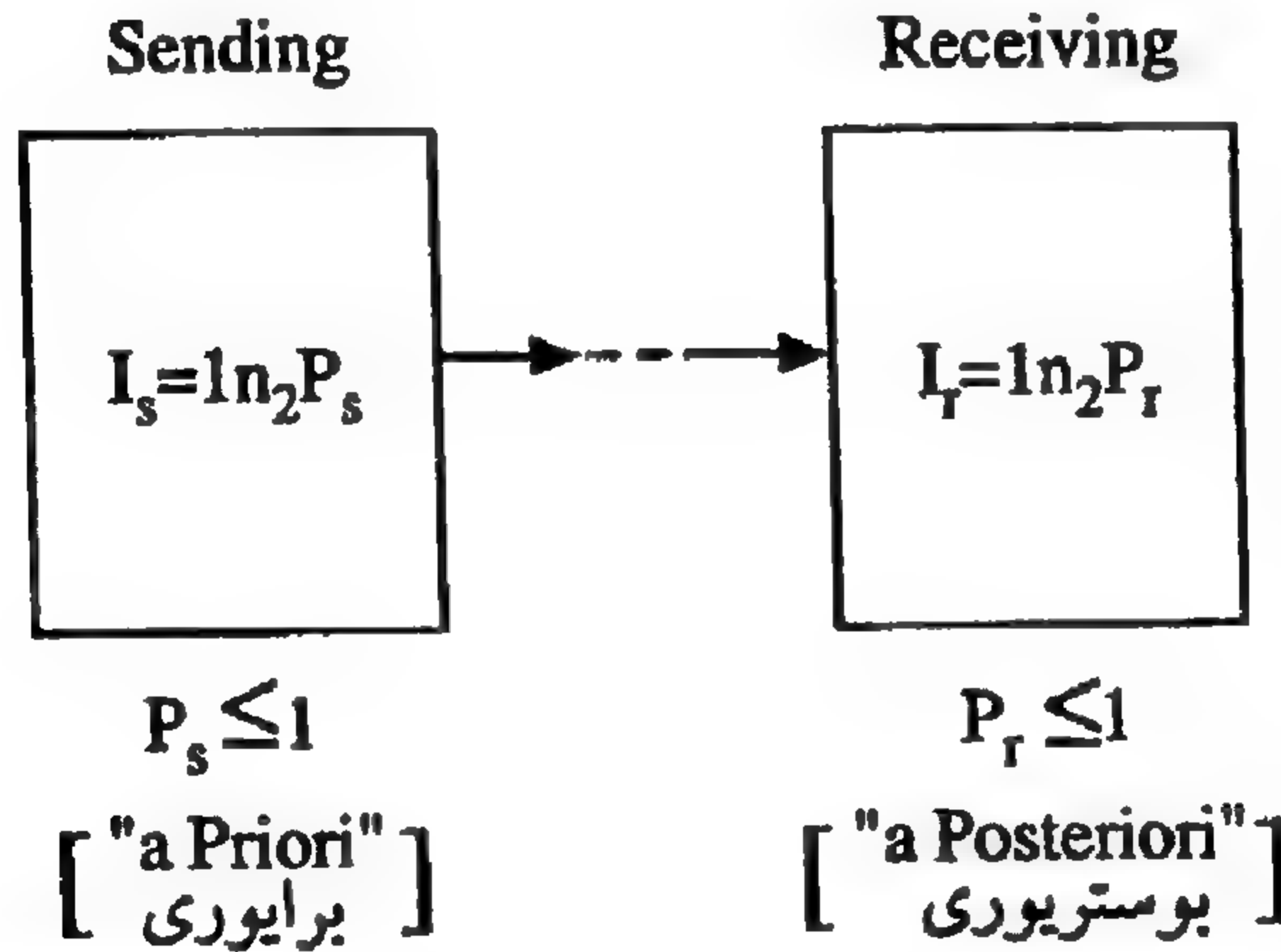
حيث:

P_s : احتمال إرسال الرمز.

P_r : احتمال استقبال الرمز بشكل صحيح.

وقد عبر (Nilsen, 2000) عن ذلك بالشكل التالي: (شكل ٢)

I : المحتوى المعلوماتي.



شكل (٢): العلاقة بين احتمالات إرسال برايوري (Priori- P_s) واحتمال تلقي أو استقبال بوستريوري (Posteriori, P_r) عن (Nielsen, 2000).

ويمكن إعادة كتابة المعادلتين السابقتين (2, 3) كما يلي:

$$I = -\ln P_s + \ln P_r \quad (4)$$



وحيث إن الاحتمالات أقل من أو تساوي الواحد الصحيح، وإذا افترضنا أن قناة الاتصال مثالية (بدون ضوضاء) فإن احتمال استقبال الإشارة يساوي الوحدة، وبالتالي فإن معادلة (٤) تصبح:

$$I = -\ln_2 P_s \quad (5)$$

وإذا كان عدد الرموز (n) فإن:

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1 \quad (6)$$

وبتتابع من الرموز بطول N وإذا كان عدد العناصر (i) وعدد حدوث كل منها n_i واحتمال كل عنصر P_i ، فيمكن حساب متوسط المعلومات I_{av} كما يلي:

$$I_{av} = \sum_i \frac{n_i I_i}{N} = \sum_i \frac{n_i}{N} (-\ln_2 P_i) \quad (7)$$

وحيث إن

$$I = -\ln_2 P_s$$

فيمكن كتابة معادلة (7) كما يلي:

$$I_{av} = \sum_i \frac{n_i}{N} (-\ln_2 P_i) \quad (8)$$

ويمكن اختزالها إلى:

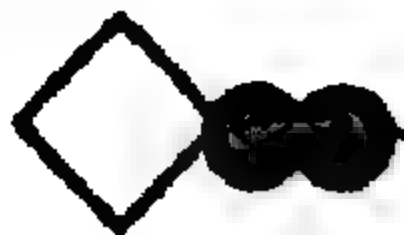
$$I_{av} = -\sum P_i \ln_2 P_i \quad (9)$$

وقد أشار (Nielsen, 2000) إلى التشابه الشديد بين معادلة (٩) ومعادلة شانون (معادلة ١) وقد امتد هذا الاتجاه إلى الديناميكا الحرارية والإحصاء الفيزيائي حيث إن المحتوى المعلوماتي لحالة الكوانتم (Information State of a Quantum state) يمكن أن يعطى بالعلاقة:

$$I = -\sum f_j \ln f_j \quad (10)$$

والعلاقة السابقة مشتقة بشكل مباشر من العلاقة (9) (Nielsen, 2000) وأخيرا وطبقا للمؤلف السابق، فإن دالة الأنثروبي اشتقت لتصبح:

$$S = -K \sum f_j \ln f_j \quad (11)$$



حيث:

$$S = 0.6932KI \text{ -----}$$

وهنا نجد الصلة بين الأنثروبى والمعلوماتية ولكن، وكما أشار Nelsen عام 2000:

[إن المعادلات (3-5) تظهر الفرق بين مفهوم المعلومات فى الحياة العادية ونظرية المعلومات، فإذا كان احتمال إرسال رمز هو أعلى احتمال ($P_s = 1$)، أو أن الرمز تم استقباله بشكل صحيح تماماً، ($P_r = 0$) فإن الرمز لا يضيف إلى المعلومات طبقاً للمعادلة (4)، ولكن الرتبة فى إرسال الرمز ($P < 1$) والاستقبال غير التام $P_r < 1$ تقود إلى أن الرمز يؤدي إلى إضافة معلومة. هذا الواقع أحد أسباب صعوبة شرح نظرية المعلومات إلى الشخص غير المتخصص وأيضاً أحد الأسباب التى أدت إلى جدل المجتمع العلمى حول النظرية]. وسوف نلقى المزيد من الضوء حول هذا الموضوع لاحقاً.

٣٠٠ التطبيق المباشر لنظرية المعلومات فى الأنظمة البيئية:

أ- التنوع الأحيائى

تم تطبيق العلاقة رقم (١) لقياس درجة التنوع الحيوى للمجتمعات الأحيائية، ويوضح جدول (١) تطبيق معادلة شانون ويفر كمؤشر للتنوع، وفى هذه الحالة تستخدم المتغيرات كما يلى (El-Shazly and Shahpa, 2004):

$$H^1 = - \sum_{i=1}^s P_i \log_e P_i \text{ ----- (12)}$$

حيث:

مؤشر التنوع: H^1

نسبة النوع فى عينة مكونة من عدد "S" نوع وتزداد درجة تنوع المجتمع "H" كلما كانت نسبة عدد الأفراد مقارنة للأنواع المختلفة فى المجتمع.



والجداول رقم (١) يوضح تطبيق نموذج شانون في المعلوماتية لقياس مستوى التنوع الحيوى فى أحد المجتمعات.

جدول (١): مقاييس التنوع لمجتمع أحيائي مكون من ٦ أنواع من النطاظ
(حشرات مستقيمة الأجنحة (على مدار العام).

المؤشر الشهر	سيمبون	هيل	شانون للتنوع	شانون للتوزيع
يونيو	٠,٢٢٤	٠,٣١٣	١,٦٤٨	٠,٩٢
يوليو	٠,٢٥٧	٠,٣٧٣	١,٥٣٥	٠,٨٥٧
أغسطس	٠,٢١٣	٠,٣٠٥	١,٦٤٣	٠,٩١٧
سبتمبر	٠,١٩١	٠,٢٧١	١,٧١٢	٠,٩٥٥
أكتوبر	٠,٢٠١	٠,٢٩٢	١,٦٧١	٠,٩٣٣
نوفمبر	٠,٢٤٧	٠,٤٠١	١,٤٦٣	٠,٩٠٩
ديسمبر	٠,٢٧٢	٠,٤٧٣	١,٤٠٤	٠,٨٧٢
يناير	٠,٣١٢	٠,٥٢٨	١,٣٢٧	٠,٨٢٥
فبراير	٠,٣٣٩	٠,٦٢	١,٢٤	٠,٧٧١
مارس	٠,٢٣٤	٠,٤١١	١,٤٣٢	٠,٧٩٩
أبريل	٠,١٩٨	٠,٣١٣	١,٦٠٧	٠,٨٩٧
مايو	٠,١٨١	٠,٢٥٩	١,٧٤٦	٠,٩٧٤

(El-Shazly and Shahpa, 2004).



ب- التطور

ينظر إلى تطور الكائنات الحية على أن الكائنات الحية تتطور عبر الوقت والمكان، فيمكن النظر إلى الكائنات الحية على أنها أنظمة أحيائية تنشأ وتتطور مكونة من عناصر كيميائية، فالأنظمة الأحيائية (الكائنات الحية) تتحرك في اتجاه تطور في التركيب ومن ثم تركيب أرقى، وبعبارة أخرى يتحرك تطور الكائنات الحية تجاه زيادة تعقيد تركيب الكائن الحي، وبالتالي زيادة كم المعلومات التي يحويها.

وحاول العديد من العلماء صياغة نظرية التطور بلغة المعلومات -مثال: (Kupper, 1990) وسوف نقدم هنا مقارنة بين النظرية الكلاسيكية للتطور وبعض الاتجاهات التي تحاول صياغة نظرية للتطور بلغة المعلوماتية.

النظرية الكلاسيكية للتطور

كيف ينشأ التباين: How Variation Originates

يؤثر التباين الوراثي على التنوع في صفات الأهلآت. تتكون المادة الوراثية في جميع الكائنات الحية (باستثناء الفيروسات التي تتكون فيها المادة الوراثية من حامض نووي ريبوزي - (RNA) من حامض نووي دي أوكس ريبوزي Deoxyribonucleic acid - DNA. ويوجد هذا الحامض النووي في أوليات النواة Prokaryotes على شكل كروموسوم واحد دائري، أما في حقيقيات النواة Eukaryotes فإن الحامض النووي يتنظم على الكروموسومات بداخل نواة الخلية. بعض الأخطاء قد تحدث عند تضاعف المادة الوراثية DNA أثناء عملية الانقسام الاختزالي لتكوين الأمشاج، وهذه الأخطاء (الطفرات) تعتبر مصدرا من مصادر التنوع الوراثي.

إن الزيادة في التنوع الوراثي تحدث أساسا نتيجة الطفرات Mutations أثناء نسخ المادة الوراثية، ويوجد نوعان من الطفرات: الطفرات الجينية Gene or point mutations (وهذه الطفرات تضيف إلى المحتوى الجيني أو الصفات الوراثية).



وطفرات الكروموسومات Chromosome mutations (وهي هامة في إعادة ترتيب الجينات على الكروموسوم بشكل جديد مما يؤثر على الصفات الوراثية). وتجدر الإشارة إلى أن أكثر الطفرات تؤدي إلى فقدان صلاحية الكائن الحي وأن تأثير الطفرات يعد تأثيراً عشوائياً، ومن النادر أن يؤدي هذا التأثير العشوائي إلى تحسين صفات الكائن وزيادة القدرة على التكيف.

الطفرات الجينية Point (Gene) mutations

تنشأ الطفرة نتيجة خطأ في نسخ المادة الوراثية DNA ويفترض أن أغلبية الطفرات الجينية يتضمن تغيراً في تتابع قواعد النيوكليوتيدات Nucleotides التي يتم التزاوج بينها لتكوين اللولب المزدوج من الحامض النووي. وهذه القواعد هي: الأدينين (A)، الثايمين (T)، الجوانين (G)، والسيتوزين (C)، ويؤدي التغير في تتابع هذه النيوكليوتيدات إلى تغير في الشفرة الوراثية التي يبنى على أساسها تتابع الأحماض النووية أثناء تخليق البروتين. وعلى سبيل المثال إذا تغير تتابع القواعد من GAA إلى GUA فسوف يؤدي ذلك إلى إحلال الحامض الأميني فالين محل حامض الجلوتاميك، وسوف يؤدي هذا التغير بدوره إلى الطفرة المؤدية لحالة الأنيميا المنجلية في الإنسان كنتيجة طبيعية لتغير الشفرة الوراثية، وتجدر الإشارة إلى أن نسبة ٢٤٪ من حالات التغير في الشفرة الوراثية لا تؤدي إلى تغير في تتابع الأحماض الأمينية، وبالتالي لا تؤثر على الطراز المظهري (والسبب في هذا أن الشفرة الوراثية ثلاثية، ومن المعروف أن عدد الشفرات الوراثية ٦٤ وعدد الأحماض الأمينية ٢٠) ومن ثم فإن بعض الأحماض الأمينية يمكن الاستدلال عليها بأكثر من شفرة وراثية. وبالتالي (فإن التغير في الشفرة الوراثية قد يؤدي عن طريق الصدفة إلى شفرة مختلفة في قواعدها ولكنها تستدل على نفس الحامض الأميني). والشفرة الوراثية ثابتة في جميع الكائنات الحية سواء كانت من أوليات النواة أو من حقيقيات النواة. تتكون الجينات من العديد من تتابعات القواعد وعلى سبيل المثال نجد أن الجين المسئول عن تخليق الكولوجين في الدجاج يتكون من ٤٠٠٠٠ قاعدة مزدوجة Base Pairs ويبلغ طوله ٤٠ كيلو قاعدة (الكيلو

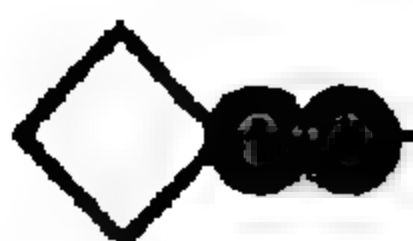


القاعدى "Kilobase" عبارة عن ألف قاعدة متتالية). ويختلف حجم المحتوى الجينى فى الكائنات الحية إذ يتراوح بين أقل من ٤٠٠ قاعدة مزدوجة فى بعض الفيروسات وأكثر من ١١٠٠ قاعدة مزدوجة فى بعض النباتات الوعائية. وقد قدر أن المحتوى الجينى للتدييات يكفى لأن يكون شفرات وراثية لأكثر من ٣٠٠٠٠٠ جين، أما فى ذبابة الفاكهة فإن المحتوى الجينى يعادل حوالى ١٠٠٠٠٠ جين. أمكن التعرف على ١٠٠٠٠ جين فقط منها. وبناء على هذا فإن أكثر المادة الوراثية عبارة عن تتابع للشفرات الوراثية مجهولة الوظيفة^(١).

بالرغم من إمكانية زيادة معدل الطفرات بشكل مصطنع عن طريق تعريض الكائن الحى للأشعة أو المواد الكيميائية إلا أن هذا لا يحدث فى الطبيعة إلا نادراً (عادة من خلال الأشعة الكونية الضعيفة)، وبالرغم من ذلك فقد وجد أن الطفرات الجينية تحدث بمعدل طفرة واحدة تحدث فى أحد مواضع الجينات لكل ١٠٠٠٠٠ خلية تناسلية، وتحتوى خلية الكائنات الراقية على ١٠٠٠٠ موضوع جينى على الأقل وبالتالي فإنه يمكن استنتاج أن ١٠٪ من أفراد هذه الكائنات تحمل طفرة جديدة فى أحد مواضع الجينات. وبالطبع فإن أكثر هذه الطفرات ضارة وتحدث بالصدفة، حيث إن عدد الطفرات النافعة أو المفيدة لا يتجاوز طفرة واحدة لكل ١٠٠٠ طفرة، وبالتالي فإن فرداً واحداً بين كل ١٠٠٠٠ فرد يحمل طفرة مفيدة فى كل جيل، وفى الواقع فإن كل فرد فى ذبابة الفاكهة ونبات الذرة والإنسان يحمل على الأقل طفرة واحدة (بديل وراثى واحد) غير طبيعية. بعض هذه الطفرات ينشأ أثناء حياة الفرد والبعض الآخر يرثه من الآباء.

وإذا ما قدرنا ١٠٠ مليون فرد لكل جيل وافترضنا أن عدد الأجيال هو ٥٠٠٠٠ جيل على مدى التاريخ التطورى لكل نوع فمن الممكن أن نتوقع ٥٠٠ مليون طفرة مفيدة على مدى تاريخ تطور النوع، وقدر عدد الطفرات اللازمة لتحول نوع إلى نوع آخر بحوالى ٥٠٠ طفرة فقط. ومن ثم فإن طفرة واحدة من كل مليون طفرة من الطفرات المفيدة التى تحدث فى أحد الأنواع تكفى لإعطاء

(١) طبقاً لنظرية المعلومات، يمكن اعتبار تتابع الشفرات مجهولة الوظيفة «معلومات كامنة» كما سيأتى على الصفحات التالية (نظرية المعلوماتية والتنوع الاحيائى).



الأساس الوراثي لمعدل تطور هذا النوع، ومن هنا يتضح أن العامل الرئيسى الذى يحد من معدلات التغير ليس معدل الطفرات، ولكنه تركيب الصبغيات وإعادة ترتيب الجينات على الصبغيات لإعادة الترتيب الأصلى. وقد اتفق بعض العلماء بناء على شواهد جيدة على أن الانحراف الوراثى Genetic Drift يكفى لإحداث تغيرات وراثية فى نوع تعداد أفراده أقل من ٥ مليون (ولكن هذا العدد أكثر من تعداد أهلات الكثير من الثدييات). وقد أثبت علماء التطور رياضياً أن موت فردين من الخيول (عن طريق الانتخاب) من بين مليون فرد لكل جيل يكفى لشرح تطور أسنان الحصان عبر التاريخ التطورى لهذا النوع.

الطفرات الصبغية Chromosome mutations:

لا تؤدى الطفرات الصبغية عادة إلى زيادة أو نقص تنوع المجمع الجينى Gene Pool ولكنها تؤدى فقط إلى إعادة ترتيبه (أى المجمع الجينى). فبعد أن تتم عملية الانتخاب الطبيعى تحدث بعض الطفرات الصبغية لإعادة ترتيب الجينات بشكل يحافظ على استمرارية الأهلات.

تعرض الصبغيات (الكروموسومات) لأربعة أنواع من الطفرات تؤثر على ترتيب الجينات على الصبغى، وهذه الطفرات هى فقد جزء من الصبغى Deletion، تضاعف الصبغى Duplication، نقل الجينات Translocation، تغير موضع الجينات Inversion. ولا تؤدى تلك الطفرات إلى تغير ترتيب ازدواج القواعد التروجينية على الجينات ولكن إلى تغير ترتيب الجينات على الصبغى.

غالباً ما يؤدى فقد جزء من الصبغى Deletion إلى طفرات مميتة إلا فى حالة وجود العديد من أزواج الجينات المشابهة لجينات الجزء المفقود كما فى الكثير من الكائنات الراقية.

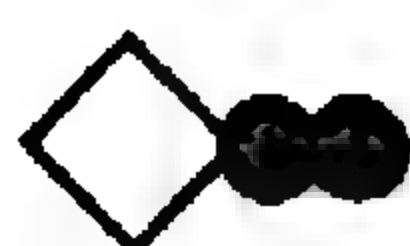
قد يحدث فقد جزء من صبغى وإضافة هذا الجزء إلى الصبغى المناظر أثناء عملية العبور Crossing over (وتتم عملية العبور أثناء عملية الانقسام الاختزالى لتكوين الأمشاج حيث يتم تبادل أجزاء الصبغيات بين الصبغيات المتماثلة "Homologous Chromosomes" بعد تكوين ما يعرف بالرباعي "Tetrad"). وهذا التغير يمكن أن يكون مفيداً حيث إن الصبغى الذى يضاف إليه جزء يساعد



على تخليق كم أكثر من الإنزيمات، فعلى سبيل المثال يزداد إنزيم المونوفوسفاتيز Monophosphatase فى الخميرة نتيجة طفرة صبغية معينة ويساعد هذا الإنزيم عمل خلايا الخميرة على الاستمرار فى بيئة فقيرة فى الفوسفات.

تحدث طفرات نقل موضع الجين Inversion عندما يكسر الصبغى فى موضعين، ويتم الالتحام فى موضعين مختلفان عن الوضع الأصى فىختل ترتيب الجينات على الصبغى وربما يحدث هذا الكسر فى الطور الاستوائى الأول Prophase من أطوار انقسام الخلية حيث تنحنى الصبغيات فى هذا الطور. أما طفرات انتقال الجينات Translocation فتحدث نتيجة تبادل المادة الصبغية بين صبغيات غير متناظرة Non Homologous Chromosomes.

الطفرات الجينية والصبغية تسبب غالبية الاختلافات الوراثية فى الأهلات. لكن توجد ميكانيكيات أخرى لإحداث التنوع الوراثى وسوف نذكر بعضها باختصار. فى حالة حدوث خلل فى الانقسام الميزوى الأول ينشأ مشيج ثنائى (زوجى) العدد الصبغى $2n$ Diploid (الأصل فى الانقسام الميزوى هو إنتاج أمشاج أحادية «فردية» العدد الصبغى " n " حيث يتحد المشيج الذكرى " n " بالمشيج الأنثوى " n " لتكوين ريجوت ثنائى العدد الصبغى " $2n$ "; وتنشأ حالة المشيج الزوجى " n " نتيجة عدم تكون الجدار الفاصل بين الخليتين البنويتين بعد تضاعف الصبغيات). وعند اتحاد المشيج زوجى العدد الصبغى Diploid مع مشيج طبيعى (فردى العدد الصبغى) Haploid ينشأ عن ذلك تكوين ريجوت ثلاثى العدد الصبغى $3n$ Triploid. وإذا تمكن الفرد الناتج من ريجوت ثلاثى العدد الصبغى من الحياة فسوف يصبح فردا عقيما، ومن ناحية أخرى إذا اتحد مشيجان زوجيا العدد الصبغى $2n$ فسوف ينشأ عن ذلك ريجوت رباعى العدد الصبغى $4n$ ، والفرد الناشئ من الزيجوت رباعى العدد الصبغى يمكن أن يتناسل ويتبع ذرية. وتحدث هذه الظاهرة فى بعض النباتات، وتتميز النباتات متعددة الأعداد الصبغية Tetraploidy بالقوة وكبر الحجم عن النباتات ثنائية العدد الصبغى (أى الأفراد الطبيعية). وتحدث حالات نادرة من كائنات رباعية العدد الصبغى Tetraploid فى الحيوانات التى تقوم بعملية التكاثر البكرى Parthenogenesis (حيوانات تلد إناثها ذرية من الإناث بدون تلقيح) مثل الإربيان من نوع *Artemia salina* (نوع من القشريات ينتمى إلى



رتبة ثمانية الأقدام) الذى يوجد بين أفرادها بعض الأفراد رباعية العدد الصبغى وخماسية العدد الصبغى Pentaploid وثمانية Octaploid وحتى عشرية العدد الصبغى Decaploid.

والسؤال المطروح الآن ما هو حجم التغير المطلوب فى المادة الوراثية (الحامض النووى - DNA) أو حجم المحتوى الجينى الكلى Genome أو تركيب الصبغيات لإحداث نشوء النوع Speciation؟ للإجابة: لا توجد علاقة بسيطة فعلى سبيل المثال يوجد نوعان من الغزلان من نفس الجنس وهما *Muntiacus re-vesi*, *M. muntjac* وهذان النوعان يختلفان اختلافا تاما فى عدد الصبغيات حيث تحوى خلايا النوع الأول على ٤٦ صبغى ($2n = 46$) بينما تحوى خلايا النوع الثانى على ٦ صبغيات فقط $2n = 6$ (El-Shazly, 2000).

٤- نظرية المعلوماتية والتنوع الأحيائى

أ- التطور عبارة عن إنتروبى:

تم تجاوز النظريات الكلاسيكية لشرح ميكانيكية التطور فى الثمانينيات، وأصبح ينظر إلى تفسير آليات التطور من خلال نظريات الديناميكا الحرارية ونظرية المعلومات من خلال سلسلة أبحاث Brooks and Wiley فى الثمانينيات، ومن ثم فإنه يمكن فهم التطور على أنه ظاهرة غير «عكسية» «وغير متزنة».

(Brooks and Wiley, 1986; Brooks et al., 1984, 1989; Wiley and Brooks, 1982, 1983).

فى الطبيعة يمكن أن نفرق بين نوعين من العمليات:

(١) عملية تلقائية Spontaneous وتحدث بدون إدخال طاقة من الخارج.

(٢) عملية غير تلقائية تحتاج إلى إضافة طاقة خارجية إلى النظام.

وينطوى القانون الثانى للديناميكا الحرارية على أن عمليات تحول صور الطاقة لا تحدث تلقائياً ما لم يحدث اضمحلال فى الطاقة من صورة غير عشوائية إلى صورة عشوائية، أو من شكل مركزى إلى شكل أكثر انتشاراً. وفى عبارة أخرى



يمكن القول بأن أى تحول لصورة من الطاقة إلى صورة أخرى يشتمل على خفض فى صورة للطاقة مثل تحول طاقة الوضع إلى طاقة حرارية. وتقاس جودة الطاقة بالأنثروبى (Entropy) (جودة عالية = أنثروبى منخفض). ويمكن تفسير القانون الثانى على أن حركة الزمن غير عكسية وفى اتجاه زيادة الأنثروبى أو يمكن أيضاً تفسير القانون الثانى على أن جميع العمليات «غير العكسية»، وإذا أردنا أن نعيد عملية إلى الاتجاه المعاكس، فإن ذلك يتطلب إضافة طاقة، وفى الواقع فإن الكوارث البيئية عبارة عن كوارث أنثروبى من وجهة النظر الفيزيائية، وعلى سبيل المثال، تزداد الأنثروبى بانتشار الملوثات فى الجو (Jorgensen, 2000).

بالعودة إلى العبارة الأولى «التطور ظاهرة غير عكسية وغير مسترنة» يمكن فهم التطور على أنه ظاهرة ثرموديناميكية حيث إن نشوء الأنواع من نوع واحد يعنى أن النوع يعمل كنظام ديناميكى حرارى مفتوح بلغة الطاقة ومسغلق جزئياً من حيث المعلومات والتماسك Information and cohesion.

ويمكن تعريف المعلومات فى هذا المقام على أنها «أى شىء ينتقل من مصدر إلى مستقبل خلال قناة»، والمعلومات هنا تؤدى إلى وجود برنامج لكائن حى. وهذا المفهوم يقع فى إطار نظرية المعلومات ويقترب من مفهوم شانون الذى نوهنا عنه سابقاً.

وقد اتفق علماء التطور على أن نشوء الأنواع Speciation «هو تطور التنوع الحيوى فى مجموعة» وهو نتيجة أن النوع يعمل كنظام طاقة مفتوح من الناحية الديناميكية الحرارية ولكنه مغلق كلياً أو جزئياً من جهة المعلومات والتماسك.

ويمكن تحديد المعلومات فى نطاق تعريف النوع على أنها «أى شىء ينتقل من مصدر إلى مستقبل خلال قناة اتصال» على سبيل المثال انتقال المعلومات الوراثية من الذكر إلى الأنثى عن طريق الحيوان المنوى فى التزاوج وانتقال المعلومات من الأنثى إلى الفرد الجديد الناشئ من عملية التزاوج. وهنا فإن المعلومات يمكن أن تعطى برنامجاً لخلق شكل بيولوجى وكائن حى ذو صفات وراثية محددة.

ويمكن أن تنقسم المعلومات الجينية (الصفات الوراثية التي يحملها الجين) إلى قسمين طبقاً إلى (Nielsen, 2000) : «معلومات مخزنة» (Stored Information) وذلك هو الجزء من المعلومات الوراثية التي يعبر عنها الكائن الحي أثناء فترة حياته «ومعلومات كامنة» Potential Information وهي معلومات وراثية توجد في الكائن الحي ولكن لا يعبر عنها أثناء حياته.

ذكر (Denbigh, 1975) أن زيادة المعلومات في أى نظام بيولوجى تزيد من كم الأنتروبي.

وعند تحول كم من المعلومات الكامنة (معلومات وراثية لا تترجم أثناء حياة الكائن الحي) عند أقل قيمة لمستوى الأنتروبي إلى معلومات مخزنة (معلومات وراثية تترجم أثناء حياة الكائن الحي) سوف يزيد مستوى الأنتروبي فى النوع أى أن كم الأنتروبي فى الأنواع المعاصرة أكبر من كم الأنتروبي فى أسلافها التى تطورت عنها نتيجة تحول كم من المعلومات الوراثية الكامنة فى الأسلاف إلى معلومات وراثية مخزونة:

$$S_p \leq S_a < S_{a+p} \quad (13)$$

حيث:

S_p : حالة الأنتروبي فى أسلاف النظام النوعى وهى أقل من أو تساوى

S_a : حالة الأنتروبي الناتجة فى النظام المنحدر وهى أقل من أو تساوى

S_{a+p} : حاله النظام بعد إضافة كم من المعلومات الوراثية الكامنة إلى المعلومات الوراثية المخزنة. (مؤدية إلى نشوء النوع أو النظام البيولوجى الجديد).

وفى محاولة لربط المعالجة المعلوماتية بالديناميكا الحرارية، فإن جهد الطاقة الحرة (Free - Energy F) يمكن التعبير عنه من خلال

$$F = E - TS \quad (14)$$

ويمكن أيضاً ترتيب المعادلة السابقة كما يلى:

$$S = \frac{E - F}{T} \quad (15)$$

حيث: E تمثل الطاقة الداخلية للمنظومة.



حيث تمثل والقيمة (S) ترتبط بفقد الترتيب وزيادة العشوائية وبخصوص المعلومات يمكن صياغة المعادلتين السابقتين كما يلي:

$$I_f = I_i - CS \quad (16)$$

حيث:

I_f = (Free Information) المعلومات المتاحة

I_i = (Intrinsic Information) المعلومات الذاتية أو (الداخلية)

C = (Cohesion) الترابط

ويمكن صياغة المعادلة السابقة كما يلي:

$$CS = I_i - I_f \quad (17)$$

حيث CS هي أنتروبي التماسك (حاصل ضرب "S" × "C")

وقد أمكن أيضاً صياغة نموذج لوصف التطور في الكائنات الحية كما يلي:

$$E = \frac{dS_i + dS_c + dS_e}{dt} \quad (18)$$

حيث:

E : التطور

dS_i : التغير في مستوى الأنتروبي للمعلومات

dS_c : التغير في مستوى الأنتروبي للتماسك

dS_e : التغير في مستوى الأنتروبي للطاقة

والمعادلة السابقة تمثل ملخصاً لنشوء الحياة والتنوع البيولوجي.

وقد أعطى (Nielsen, 2000) علاقة أخرى لفهم العمليات التطورية في المادة الوراثية للكائن الحي كما يلي:

$$H_{\max} = \log_2 A \quad (19)$$

عدد الحالات المتاحة للكود الوراثى (أقل سعة للشفرة الوراثية) $A =$

أقصى سعة ممكنة للشفرة أو الكود الوراثى $H_{\max} =$

ويمكن الآن صياغة الدالة المعلوماتية لشانون كما يلي:

$$H_{\text{obs}} = - \sum P_i \log_2 P_i \dots\dots\dots (20)$$

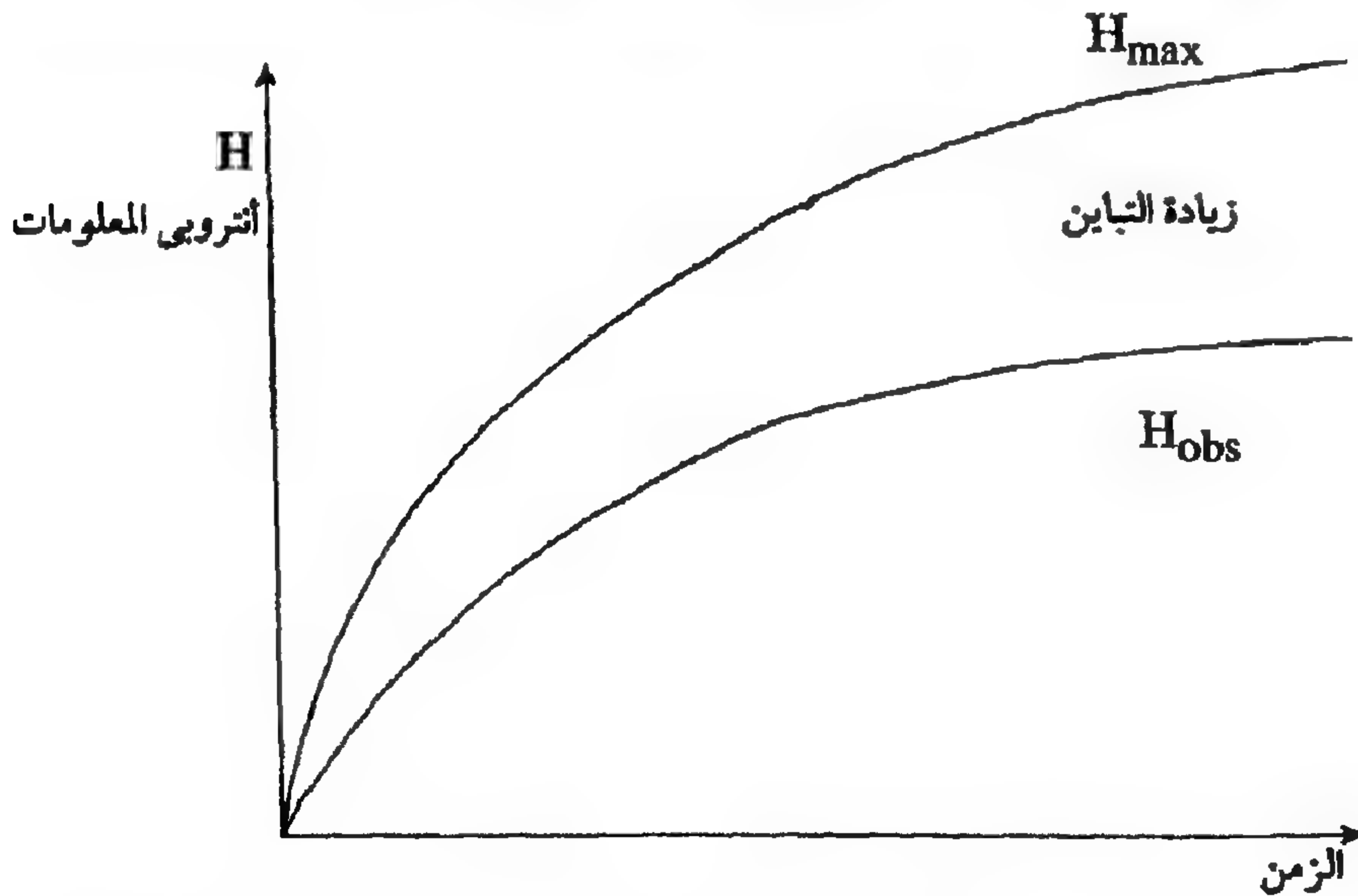
ويلاحظ أن نفس الدالة هي التي استخدمت في قياس التنوع الحيوى ولكن في حالة التطور يمكن اعتبار P_i كما يلي:

P_i : احتمال كائن حي مختار عشوائيا يحمل نمطا جينيا محددا.

وتجدر الإشارة إلى أنه أثناء عملية التطور لا تستخدم السعة الكاملة (جميع المعلومات الوراثية) للجينوم حيث إن الوقت لا يمكن أن يكون متاحا لعرض الكائن الحى لجميع الطاقة الوراثية المخزنة والكامنة ومن ثم فإن:

$$H_{\text{obs}} < H_{\max} \dots\dots\dots (21)$$

ويمكن توضيح تلك الحقيقة في الشكل التالى (شكل ٣) عن (Nielsen, 2000).



(شكل ٣): الشفرة أو طاقة المعلومات للجينوم ويلاحظ أن القيمة المشاهدة (H_{obs}) تزداد أثناء زمن التطور نتيجة إضافة واتساع تعبير المادة الوراثية والرقم المشاهد (H_{obs}) أقل دائما من الحد الأقصى (H_{\max}) وتزداد الفجوة مع الزمن.

وقد تم استخدام نظرية المعلومات بكثافة فى دراسة وتحليل الجزئيات العضوية الكبيرة مثل البروتينات ودراسة الوراثة الجزيئية من خلال تحليل الحامض النووى DNA، ومن أمثلة الأبحاث الشهيرة فى هذا المجال:

Chanl et al., 1992; Matsuno, 1983; Monet, 1993; Pattee, 1979; Strait and Dewey, 1996; Tsukamoto, 1979.

ب- نظرية المعلومات والوراثة:

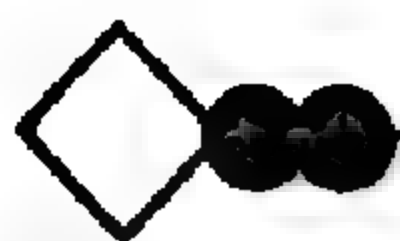
ولكن التطبيق الفعلى لنظرية المعلومات فى الوراثة يعتبر حديثا نسبياً والسبب فى ذلك يرجع إلى أن اكتشاف تركيب الجينوم الذى يتكون من تتابع من نيوكلوسيدات (Nucleosides). حيث وجد أن الجين عبارة عن تتابع من الرموز (رموز معلوماتية)، والنيوكلوسيدات الأربع هى: أدينين - ثايمين - جوانين - سيتوزين. وهى تكون شفرة وراثية ثلاثية وأخيراً تترجم الشفرة إلى بروتينات، ومن المعروف أن البروتينات تتكون من تتابع من الأحماض الأمينية. وعدد الأحماض الأمينية المكونة لجميع أنواع البروتينات هى ٢٠ حامض أمينى، وتختلف أنواع البروتينات تبعاً لتتابع وعدد الأحماض الأمينية فى سلسلة عديد الببتايد، ويمكن تشبيه العشرين حامضاً أمينياً بحروف لغة تتكون كلماتها من بروتينات، وبعبارة أخرى فإن عدد أربع قواعد (أدينين، سيتوزين، ثايمين، جوانين) وعشرين حامضاً يعطى تتابع الأحماض الأمينية يمكن اعتباره مقياساً للمعلومات. وحيث إن البروتينات تتكون من أحماض أمينية تصل إلى ٢٠ نوعاً فإن عدد أمينى الحالات الصغرى Microstates فى تتابع من النيوكلوسيدات أو الأحماض الأمينية يستخدم كمقياس للمعلومات، وباستخدام معادلة Boltzman كمثال نجد أن الجينوم أو الجين الذى يحتوى على ٣٠٠ نيوكليتيده نجد أن العدد الممكن من الحالات الصغرى Microstates كما يلى:

$$W = 4^{300} \text{ (نوكليتيدات)}$$

أو يترجم إلى حالات صغرى من الأحماض الأمينية إلى :

$$W = 20^{100} \text{ (حمض أمينى)}$$

حيث : (W) تشير إلى العدد الممكن من الحالات الصغرى.



المناقشة:

هناك العديد من التساؤلات التي لا بد من إيجاد إجابة عليها لاستيعاب نظرية المعلومات وعلاقتها بالعلوم البيولوجية، ومن بين تلك الأسئلة: هل يمكن أن توجد المعلومات بدون أن تنتقل؟ كيف يمكن التعامل مع تعيين الحالات الصغرى (Microstates)؟ هل يمكن تحديد معدل التبادل بين المعلومات والأنثروبى؟

نتيجة لأبحاث شانون وويفر تم الربط بين مفهوم المعلومات وعملية انتقال أو نفاذ المعلومات. يرى (Tribus, 1961; Tribus et al., 1966) أن المعلومات فئة من آليات الإحصاء أو الديناميكا الحرارية وليس العكس. تنفذ المعلومات فى المكان والزمان، والنفاذ أو الانتقال المكاني من وجهة نظرية المعلومات أقل أهمية، فالبرغم من وجود المعلومة فإنها تحتاج إلى وقت حتى يمكن إدراكها، وعموما فإن كم المعلومات المتحصل عليه أو المكتسب يرتبط بدرجات الحرية التي يتم اختيارها للنظام أو بعبارة أخرى يعتمد على قدرتنا التفسيرية.

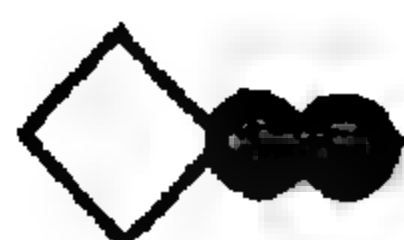
إن تحديد عدد الحالات الصغرى Microstates الممكنة لنظام يعتمد إلى حد كبير على تحديد المحتوى المعلوماتي أو المعلومات التي يمكن اكتسابها، فكما ذكرنا سابقاً، الخيط الذي يحتوى على أربعة أحرف p, o, r, c يعطى عدد 256 من الكلمات أو الحالات الصغرى Microstates. ولكن إذا افترضنا أن كل حرف سوف يتكرر مرة واحدة فقط فسوف يكون عدد الحالات الصغرى (الكلمات) (Microstates) هو $(4!)$ وهو ما يعادل (24) حالة أو كلمة.

وعندما نضع فى الاعتبار درجات الاحتمالات المختلفة (Marginal probability, Joint probability, Conditional Probability) سوف نحصل على نتائج أخرى؛ وهذا يعنى أن نتائج الدراسة سوف تكون مختلفة بالرغم من أن الشيء تحت الدراسة لم يختلف، ولكن هذا يعتمد على كم البرايورى "Piori" المعروف لدينا قبل الدراسة؛ لأنه بالقطع سوف يؤثر على درجة المعلومات التي يمكن الحصول عليها من خلال تطبيق نماذج ونظريات المعلومات. فهل يمكن للباحث الذى ليس لديه أى معلومات عن النظام تحت الدراسة أن يكون قادراً على

الاستفادة من المعلومات المتاحة من النظام نفسه؟ الإجابة لا، حيث يجب أن تتوافر بعض المعلومات عن الظاهرة قبل دراستها ومعرفة كم المعلومات الذي تحتويه. في الواقع إن معلومات الباحث المسبقة تؤثر على كم المعلومات المستقبلية، ومن ثم فإن هناك اختلافا فرديا في رصد كل ظاهرة على حدة. إن النقاش هنا قد يبدو فلسفيا أكثر منه تجريبي، ولكنه على درجة كبيرة من الأهمية للوصول إلى منهج موحد لتطبيق نظرية المعلومات مستقبلا (Nielsen, 2000) ومن ناحية أخرى عملية اختيار المرجع لتقييم المعلومة له أهمية في الوصول إلى القيمة الفعلية للمعلومة.

استنتاج:

كما أوضحنا سابقا فإن مفهوم المعلومات وجد استعمالا وانتشاراً في المراجع الحديثة، ولكن تطبيق مفهوم المعلومات لم يؤد إلى الوصول إلى توحيد مفهوم المعلومات كما كان متوقعا. ومن أهم أسباب ذلك أن استخدام المفهوم في المجال العلمي يختلف عن فهمنا الدارج في الحياة اليومية للفظ معلومات. وبعبارة أخرى فإن استخدامنا اليومي للفظ المعلومات يسبب عائقاً للاستخدام العلمي الدقيق للفظ المعلوماتية المستخدم في المراجع العلمية، ومن ناحية أخرى فإن المجتمع العلمي لم يتعامل مع لفظ المعلومات بشكل موحد وثابت، وبالإضافة إلى ذلك، فإن استخدام مفهوم المعلومات في المجالات العلمية المختلفة يبدى صعوبة استخلاص أن المجالات العلمية المختلفة اشتقت المفهوم من أصل واحد، وهناك كم هائل من الأبحاث في مجال المعلومات مرتبط بجميع أفرع العلم وذلك الكم يتزايد يوميا ويتج عن ذلك صعوبة النظر إلى نظرية المعلوماتية بنظرة شمولية. وأخيرا فإن الوصول إلى توحيد وثبات استخدام نظرية المعلومات يتطلب المزيد من الجهد المشترك بين المختصين من العديد في أفرع العلم للتوصل إلى برنامج أو أرضية واحدة لنظرية المعلومات للاستخدام المستقبلي (Nielsen, 2000).



٥- أبحاث المعلوماتية والبنية التحتية للمعلوماتية الأحيائية:

أ- البنية التحتية للمعلومات البيولوجية - "Biological information in- frastructure"

إن القرارات التي تخص تدبير وإدارة الموارد الطبيعية مواجهة وإدارة الأزمات غير المتوقعة والتي تقع خارج حدود التنبؤ في مجالات الزراعة والصحة العامة والبيئة تحتاج إلى توافر قاعدة من البيانات والمعلومات البيولوجية التي يمكن الاعتماد عليها في اتخاذ القرار لمواجهة تلك الأزمات، ومن ثم فإنه لا بد من إنشاء ونمو برامج البنية التحتية وأبحاث المعلوماتية الإحيائية والبيئة في مصر، وهذا ما حدث بالفعل في العديد من الدول المتقدمة، حيث تعتمد تلك البرامج على تطبيق أحدث ابتكارات تكنولوجيا المعلومات في إدارة البيانات البيولوجية والبيئة. وبناء على تعريف قاموس وبستر للفظ «البنية التحتية» أمكن تعريف البنية التحتية للمعلوماتية الإحيائية على أنها : «بوابة إلكترونية للبيانات والمعلومات الإحيائية المتوافرة لدى المنظمات والمؤسسات والمراكز وغيرها من الشركات العاملة في مجال علوم الأحياء». في هذا الفصل تم تقديم ملخص لنمو مفهوم المعلومات ونظرية المعلومات وبعض تطبيقاتها في النظام البيئي، والآن سوف نحاول أن نجيب على التساؤلات الآتية:

١- هل يمكن أن تكون البنية التحتية لقاعدة معلومات بيولوجية وبيئية هي انطلاقة حقيقية لمستقبل المعلوماتية الإحيائية ومعلوماتية المحيط البيئي Environmental Informatics في مصر وفي البلاد العربية؟

٢- هل من الضروري إنشاء مركز مصري (أو عربي) للمعلوماتية الإحيائية بالرغم من وجود مراكز مشابهة في العديد من الدول الأكثر تقدماً، وتلك المراكز متاحة على شبكة المعلومات الدولية؟

٣- ما هي الحدود الفاصلة بين البنية التحتية لقاعدة المعلومات البيولوجية وأبحاث المعلوماتية البيولوجية؟



يمكن تعريف البنية التحتية للمعلوماتية الإحيائية كما يلي:

«هى بوابة إلكترونية للبيانات والمعلومات البيولوجية المتاحة لدى الجهات البحثية والحكومية والخاصة وغيرها من الشركاء على مستوى الدولة والعالم، حيث يعتمد نجاح البنية التحتية للمعلوماتية البيولوجية على نمو شبكة المعلومات للشركاء الذين يضيفون إلى تلك المعلومات ويستخدمونها». والنص الأصلي الذى استخدم بواسطة المركز القومى الأمريكى للمعلوماتية البيولوجية فى تعريف لفظ البنية التحتية كما يلي:

National Biological Information Infrastructure (NBII): is an electronic gateway to biological data and information maintained by federal, state, and local government agencies; private-sector organizations; and other partners around the nation and the world. The NBII is dedicated to the development of an electronic "federation" of biological data and information sources. Its success rests on a growing network of partners who share and use this information.

ب- أبحاث المعلوماتية البيولوجية والمعلوماتية البيئية

Research in biological and environmental informatics:

تعتمد أبحاث المعلوماتية البيولوجية والبيئية على استخدام النماذج الرياضية واستغلال المعلومات البيولوجية والبيئية المتاحة لمعالجة قضايا بيولوجية معاصرة مثل قاعدة البيانات الوراثية أو التنبؤ بظواهر بيولوجية وبيئية مستقبلية مثل معدلات انقراض الأنواع أو التغيرات البيئية المستقبلية من خلال وضع نماذج رياضية تنبؤية predictive models، وأيضاً لاختبار الفرضيات البيولوجية test of hypothesis ولكى تكون تلك النماذج واقعية يجب أن تتوافر فيها ثلاثة شروط أساسية وهى:

١- الاعتماد على أكبر كم ممكن من المعلومات البيولوجية المتاحة.

٢- وضع جميع المتغيرات المحتملة فى الاعتبار.



٣- صياغة رياضية تعتمد على أحدث البرامج والإصدارات فى المجال المطلوب.

وتتضح تلك الشروط من خلال شبكة المعلوماتية البيولوجية الصادرة عن بضع دول متقدمة على سبيل المثال:

Biological informatics research plans are expected to address important scientific questions in contemporary biology and include strong linkage between computer information and computational science and biology .

<http://sig.biostr.washington.edu/projects/da>.

ج- تأسيس البنية التحتية المعلوماتية البيولوجية ومعلوماتية البيئة:

Establishment of the biological informatics infrastrucur :

سوف تتيح البنية التحتية للمعلوماتية الإحيائية ومعلوماتية النظام البيئى للباحث سهولة الحصول على المعلومات المتاحة عن المحتوى الجينى Genome للكائنات الحية المنتشرة فى الفونة المصرية والتي يتميز بأهمية طبية أو بيئية أو اقتصادية، كما يمكن للباحث الاطلاع على أحدث الإصدارات ومواقع الجهات العلمية المختلفة فى نقطة الدراسة المطلوبة وتضاف إلى شبكات المعلومات البيولوجية الدولية، تتسع فيما بعد لتصبح شبكة قومية للمعلومات البيولوجية تشارك فيها جميع الجهات البحثية والأقسام العلمية الجامعية والكليات المتعلقة بالعلوم البيولوجية وعلوم البيئة فى مصر، ومع تنامى شبكة البنية التحتية المعلوماتية القومية سوف يتم وبشكل تلقائى، تعاون مع المركز المشابه فى الدول المتقدمة.

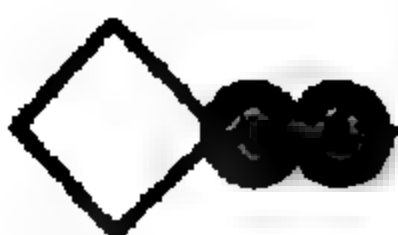
وأخيرا يمكن أن نجيب على التساؤلات المطروحة كما يلى:

١- هناك ضرورة لوجود بنية تحتية معلوماتية قوية للمعلومات الإحيائية والبيئية المتاحة لتيسير أبحاث المعلوماتية على المستوى المحلى وتشجيع أبحاث ذلك الفرع الذى يعتبر من العلوم المستقبلية.



٢- إن وجود مراكز مشابهة في دول أخرى لا تعني عدم السعي لإنشاء ذلك المركز الوطني، لأن الدول المتقدمة لا تنشئ تلك المراكز خدمة لدول أخرى ولكن للتعاون العلمي بين مؤسساتها وفي صالح اقتصادها القومي ولكن ليس لديها مانع من التعاون مع المراكز المشابهة لمزيد من المنفعة المتبادلة.

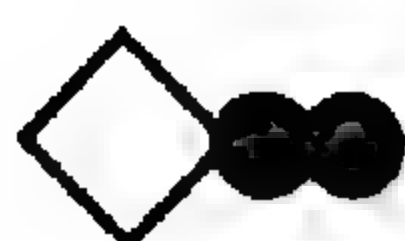
٣- من المناقشة السابقة يتضح أن قواعد البيانات شيء مختلف تماماً عن أبحاث المعلوماتية والتي تطبق نظريات المعلوماتية والديناميكا الحرارية وغيرها من أفرع العلم للوصول إلى الحقائق البيولوجية معتمدة على كم هائل من المعلومات الإحيائية الذي يجب توافره من خلال البنى التحتية لقواعد المعلومات.



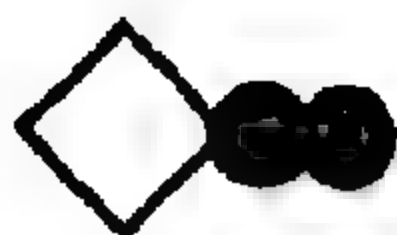
- Aoki, I., 1993.** Inclusive Kullback index—a macroscopic measure of ecological systems. *Ecol. Modelling*. 66: 289-299.
- Bateson, C., 1991.** And of nature, en nodveding enlied kosinate, 225 pages. (original title: Mind and Nature).
- Bendoricchio, C. and Jergensen, S. E., 1997.** Exergya as a goal function of ecosystems dynamic. *Ecol. Modelling*, 102:5-15.
- Bookstein, F. L., 1983.** Comment on a "Nonequilibrium" Approach to Evolution. *Syst. Zool.*, 32 (3):291-300.
- Brillouin, L., 1949.** Life, Thermodynamics and Cybernetics *Am. Sci*, 37: 554-68. In: Leff, H. S. and Rex, A. F. (eds.), 1990. Entropy, information. Computing. Princeton Series in Physics, 349 pages.
- Brooks, D. R. and Wiley, E. O., 1986.** Evolutions as Entropy (1st edition) University of Chicago Press, 335 pages.
- Brooks, B. R. and Leblond, P. H. And Cumming, D. D. 1984.** Information and Entropy in a simple Evolution Model *J. theor. Biol.*, 109:77-93.
- Brooks, D. R., Collier, J., Maurer, B. A. Smith, J. D. A. and Wiley, E. O., 1989.** entropy and information in Evolving Biological Systems. *Biology and Philosophy*:



- Buron, P. J., Balisky, A. C., Coward, I. P., Cumming, S. C. and Kneeshaw, D. D., 1992.** The value managing for biodiversity. *The Forestry Chronicle*. 68 (2) 225-237.
- Chaitin, G. J., 1966.** On the length of programs for computing Finite Binary Sequences. *J. ACM* 13:547-569.
- Chaitin, G. J., 1974a.** Information-Theoretic Computational Complexity. *IEEE transactions of information theory*, 20: 10-15.
- Chaitin, G. J., 1974b.** Information-Theoretic Limitations of Formal Systems. *J. ACM* 13:547-569.
- Chaitin, G. J., 1975.** Randomness and mathematical Proof. *Sci. Am.*, 225(5):47-52.
- Chaitin, G. J., 1977.** Algorithmic Information Theory. *IBM J. Res. Develop.*, 21: 350-359.
- Chaitin, G. J., 1982.** Godel's Theory. *IBM J. Res. Develop.*, 21 (12): 941-954.
- Chaitin, G. J., 1992.** Information-Theoretic Incompleteness. *Appl. Math. Comp.* 52,83-101.
- Chan, S.C., Wong, K. C. and Chiu, D. K. Y., 1992.** A Survey of Multiple Sequence Comparison Methods. *Bull. Math. Biol.*, 54(4): 563- 598.
- Cherry, E. C., 1951.** A History of the theory of information. *Inst. Electric. Engin. Proceedings*, 98(3): 383-393.
- Collier, J. 1986.** Evolution. *Biology and Philosophy*, 1:5-24.
- Dale, M.B., 1971.** Validity and information theory in ecological research. Chap 2 in Nix, H.A., (ed.). *Quantifying Ecology*. Proceedings of the Ecological Society of Australia, vol. 6.



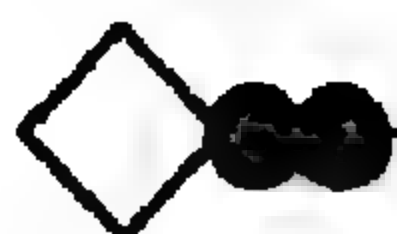
- Denbigh, K., 1975.** An Inventive Universe. Hutchinson.
- Ebeling, W., 1991.** Chaos-Ordnung Information. Verlag Harri Deutsch, 118. pages.
- Ebeling, W. and Volkenstein, M. V., 1990.** Entropy and the Evolution of Biological information. Physica A., 163:298-402.
- Ebeling, W. and Feistel, R., 1992.** Theory of Selforganization and Evolution: The Role of Entropy, Value and Information. J. Non-Equilib. Thermodyn., 17: 303-332.
- Elsasser, W. M., 1983.** Biological of the Statisitcal Concepts Used in the Second Law. J. Theor. Biol., 105: 103-116.
- El-Shazly, M. M., 2000.** Principles of Insect Ecology (in arabic) Dar El-Fikr- Egypt.
- El-Shazly, M. M. and Shapa M. W., 2004.** The structure and host plant selection of an acridid community on the edge between a dsert-and an-agroecosysem in Egypt. 4th Internation confer-ence of Environmental Informatics, Canada.
- Emmeche, C., 1988.** Information i naturen. Nyt Nordisk Forlag, 161 pages.
- Emmeche, C., 1990.** Det Biologiske Informationsbegreb. Kimaere, 319 pages.
- Emmeche, C., 1991.** A Semiotical Reflection on Biology, Living Signs and Artificial Life. Biol. Phil., 6,325-340.
- Emmeche, C., 1998.** Defining life as a semiotic phenomenon. Cy-beretics And Human Knowing, 5 (1): 3-17.



- Evans, R. B., 1969.** A proof that essergy is the only consistent measure of potential work for systems. Note: title changed during archiving to - work systems!).
- Evans, R. B., Crelling, G.L. and Tribus, M., 1966.** Thermo-economic Considerations of Sea Water Demineralization. Chapter 2, pages 21-76 In: Spiegler, K. S. (ed.). Principles of Desalination. Academic Press, 566 pages.
- Frautschi, S., 1988.** Entropy in an expanding Universe. Chapter 1 In: Weber, B. H., B. H. Depew, D. J. and Smith, J. D. (eds.) Entropy, Information, and Evolution. Bradford, MIT, 376 pages.
- Gatlin, L., 1972.** Information Theory and the Living System. Columbia University Press, CO.
- Goodmann, D., 1975.** The theory of diversity-stability relationships in ecology. Quart. Rev. Biol., 50(3), 237-266.
- Hartley, R. V. L., 1928.** Transmission of Information. The Bell System Tech. J., . 563-590:7
- Herdeeen, R., 1989.** Energy intensity, residence time, exergy, and ascendancy in dynamic ecosystems. Ecol.Modelling, 48:19-48.
- Hinegardner, R. and Engelberg, J., 1983.** Bioplogical Complexity. J. Theor. Biol., 104:7-20.
- Hirata, H. and Ulanowicz, R. E. 1985.** Informational Theoretical Analysis of the Aggregation and Hierarchical Structure of Ecological Networks. J. theor Biol., 116:321-341.
- Ho, M. W. and Saunders, P.T., 1979.** Beyond neo-Darwinism-an epigenetic approach to evolution. J. theor.Biol., 78,573-591.



- Hoffmeyer, J., 1993.** En snegl på Vejen. Betydningens naturhistorie. Omverden, 227 pages. (Translated to English as: Signs of Meaning in the Universe, Indiana University Press).
- Hoffmeyer, J., 1997.** SHORTS. 40 artikler om Nature Videnskab og Liv. Munksgaard, Rosinante, 96 pages.
- Hons, P., 1991.** Study of the Dynamic of Nutrient Uptake by Plant Using the Method of Relative Information Entropy. Scientia agriculturae Bohemoslovaca, 23 (1),17-26.
- Jaynes, E. T., 1957a.** Information Theory and Statistical Mechanics. Phys. Rev., 106 (4): 620 - 630.
- Jaynes, E.T., 1957b.** Information Theory and Statistical Mechanics. II. Phys. Rev.,108 (2): 171- 190.
- Jaynes, E. T., 1962.** New Engineering Applications of Information Theory. Pages 163-203 In: Bogdanoff, J. L. and Kozin, F., (eds.): Proceedings of the First Symposium on Engineering Applications of random function theory and probability.
- Juhasz-Nagy, P. and Podani, J., 1983.** Information theory methods for the study of spatial processes and succession. Vegetatio, 51, 129- 140.
- Jorgensen, S. E. and Mejer, H., 1977.** Ecological Buffer Capacity. J. Ecol Modelling, 42:253-279 .
- Jorgensen, S. E., 1997.** Integration of Ecosystem Theories: A Pattern (2nd rev. ed). Luwer, 388 pages.
- Jorgensen, S. E. 2000.** A general outline of thermodynamic approaches to ecosystem theory. in "Jorgensen, S. E. and F. Müller eds). Handbook of Ecosystem theories and management. Lewis publishers, Washington D.C.



Jorgensen, S. E. and Mejer, H. F., 1981. Exergy as key function in ecological models. Pages 587-590 In: Mitsch, W. J., Bosserman, R. W., and Klopatek, J. M., (eds). Energy and Ecological Modelling. Developments in Environmental modeling, I. Elsevier, 839 pages.

Jorgensen, S. E., Nielsen, S. N., Mejer, H., 1995. Emergy, environ, exergy and ecological modeling. Ecol. Modelling. 77:99-109.

Karreman, G., 1955. Topological Information Content and Chemical Reactions. Bull. Math. Bull. Math. Biophys., 17:279-285.

Koestler, A., 1969. Beyond atomism and holism-the concept of the holon. In: Koester, A and Smythies, J. R., (eds.) Beyond reductionism. New perspectives in the life sciences. 192-232 pages.

Kolmogorov, A. N., 1968. Logical Basis for Information Theory and Probability Theory. IEEE transactions on information theory. IT-14(5) 66-2664.

Kubat, L. and Seeman, J. (eds.), 1975. Entropy and Information in science and Philosophy. Elsevier, 260 pages.

Kullback, S., 1968 (1959). Information Theory and Statistics. Dover Publications, 399 pages.

Kuppers, B. O., 1990. Information and the Origin of Life. MTT Press, 215 pages.

Laxton, R. R., 1978. The measure of Diversity. J. theor. Biol., 70, 51 - 67.

Layzer, D., 1988. Growth of Order in the Univeres. Chapter 2 In: Weber, B. H., Depew, D. J. and Smith, J. D. (eds.): Entropy,



Information, and Evalution. And Evolution. Bradford, MIT, 376 pages.

Leff, H. S. and Rex, A. F. (eds.), 1990. Entropy, Information, Computing. Princeton Series in Physics. 349 pages.

Legendre, P. and Legendre, L., 1998. Numerical Ecology, 2nd English edition. Development in Environmental Modelling 20. Elsevier, 853 pages.

Levtrup, S., 1983. Victims of Ambition: Comments on the Wiley and Brooks Approach to Evolution. Syst. Zool., 32 (1): 90-96.

Martin-Lof, P., 1966. The Definition of Random Dequences. Info. Control, 9,602 -619.

Matsuno, K., 1983. Evolutionary Changes in the Information Content of Polypeptides. J. Theor. Biol., 105:185-199 .

Mejer, H. and Jorgensen, S. E., 1979. Exergy and Ecological Buffer Capacity. In: Jorgensen S.E. (ed) State-of-the-art in Ecological Modelling vol 7, 829-846.

Monet, R., 1993. Quantification of a genetic Message in a Selection. Acta. Biothero., 41: 199-203.

Morowitz, J. II., 1955. Some Order-disorder Considerations in Living Systems. Bull. Math Biophys., 17:81-86.

Morowitz, H.J., 1970. Entropy for Biologists-An introduction thermodynamics. Acadmic Press, 195 pages. (3rd printing, 1972).

Morowitz, II.J., 1978. Foundations of Bioenergetics. Academic Press, 344 pages.

Morowitz, II.J., 1979. Energy flow in biology. Ox Bow Press, 179 pages.



Muller, F., Brecking, B., Bredemeier, M., Grimm, V, Malchow, II, Nielsen, S.N. and Reiche, E.W., 1996. Emergente Ökosystemeigenschaften. In: Franzle, O., Muller, F. and Schröder, W. (eds.). Handbuch der Ökosystemforschung, Chap. III-25.

Nielsen, S. N., 1992. Application of maximum exergy in structural dynamic models. National Environmental Research Institute. 52 pages.

Nielsen, S. N. 2000. Ecosystem as information system: (In Jorgensen and Müller eds) "A handbook of Ecosystem theories and Management": 217-248, Lewis publishers, Londn, Washington, D. C.

Papentin, F., 1980. On Order and Complexity. I. General Considerations. J. Theor. Biol., 87:421-456 .

Papentin, F. 1982. On Order and Complexity. II. Application to Chemical and Biological Structures. J. Theor. Biol., 95:225-245 .

Pattee, II. H., 1979. The Complementarity Principle and the Origin of Macromolecular Information. BioSystems, 11:217-226 .

Phipps, M., 1981. Entropy and Community Pattern Analysis. J. Theor. Biol. 93 253-273.

Popper, K. R., 1979. Die Subjektivistische Theorie der Entropie. Chap 36 In: Augansagspunkte. Meine Intellektuelle Entwicklung. Hoffman und Campe.

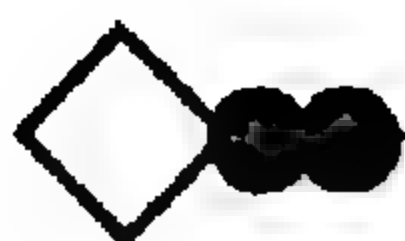
Prigogine, I. And Nicolis, G., 1971. Biological order, structure and instabilities. Quart. Rev. Biophys., 4(2&3), 107-148.



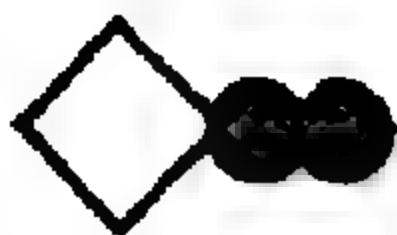
- Prigogine, I. And Wiame, J. M., 1946.** Biologie et thermodynamique des phenomenes irreversibles. *Experientia* 2: 451-53.
- Rao, G. S., Hamid, z and Rao, J.S., 1979.** The Information Content of DNA and Evolution. *J. Thero. Biol.*, 81:83-807.
- Rashevsky, N., 1955a.** Some Remarks on Tophological Biology. *Bull. Math. Biophys.*, 17:207-218.
- Rashevsky, N., 1955 b.** Life, Information Theory, and Topology. *Bull. Math. Biophys.*, 17:229-235.
- Renyi, A., 1970.** Chapter 9. Appendix. Introduction theory. In: Renyi, A. (ed) *Probability theory*. North-Holland.
- Ruch, E. and Lesche, B., 1978.** Information extent and distance. *J. Chem. Phys.*, 69(1):393-401.
- Schrodinger, E. 1944.** What is life? Cambridge
- Shannon, C. E., 1948.** A Mathematical Theory Communication. *Bell System Techn. J.*, 27(3):379-423.
- Shannon, C. and Weaver, W., 1949.** The mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, 125 pages.
- Stonier, T., 1990a.** Information and the Intenall Structure of the Universe. Springer, London, New York. 155 pages.
- Stonier, T., 1990b.** Towards a new theory of Information. *Telecommunications Policy*, 10:278-281.
- Stonier, T., 1992.** Beyond Information. The natural history of Intelligence. Springer, London, New York. 221 pages.



- Stonier, T., 1997.** Information and Meaning. An Evolutionary Perspective. Springer, London, New York. 255 pages.
- Strait, B. J. and Dewey, T. G., 1996.** The Shannon Information Entropy of Protein Sequences. *Biophys. J.*, 71:148-155.
- Szilard, L., 1929.** On the decrease of entropy in a thermodynamic system by the intervention of intelligent beings. In: Leff, H. S. and Rex, A. F. (eds.), 1990. *Entropy. Information. Computing.* Princeton Series in Physics, 349 pages.
- Tribus, M., 1961.** Information Theory as the Basis for Thermodynamics. *J. Appl. Mech.*, 28:1-8
- Tribus, M., Shannon, P. t., and Evans, R. B., 1966.** Why Thermodynamics Is a Logical Consequence of Information Theory. *A. I. Ch. E. Journal*, 12(2):,244-248.
- Tsukamoto, Y., 1979.** An Information The Genetic Code. *J. Theor. Biol.*, 78:451-498.
- Ulanowicz, R. E., 1986.** Growth and Development. Springer 203 pages.
- Ulanowicz, R. E., 1998.** Network Orientors: Theoretical and Philosophical Considerations why Ecosystems may Exhibit a Propensity to Increase in Ascendency. Chap. 2.10 In: Muller, F. and Leupelt, M., (eds.) 1998. *Eco Targets, Goal Functions, and Orientors.* Springer, 619 pages.
- Ulanowicz, R.E. and Woff, W.F., 1991.** Ecosystem Flow Networks: Loaded Dice. *Math. Biosci.* 103:45-68.



- Vincent, L. M., 1993.** Theory of data Transferral. Principles of a New Approach to the information Concept. *Acta. Biotheo.*, 41:139-45.
- Wagensberg, J., Valls, J. and Bermudez, J., 1988.** Biological adaptation and the mathematical Theory of Information. *Bull. Math. Biol.* 50(5):445-464.
- Wagensberg, J., Garcia, A., and Sole, R.V., 1990.** Connectivity and Information tranfer in Flow Networks: Two Magic Numbers in Ecology., *Bull. Math. Biol.*, 52 (6):733-744.
- Walker, I., 1993.** Competition and Information. *Acta. Biotheor.*, 41:249-266.
- Weaver, W., 1949.** The mathematics of communication. *Sci.Am.* 181(1):11-15.
- Weber, B. H., Depew, D. J. and Smith, J. D., 1988.** Entropy, Information, and Evolution. Bradford, MIT, 376 pages.
- Weher, B.J., Depew, D. J., Dyke, C., Salthe, S.N., Schneider, E.D., Ulanowicz, R. E. and Wicken, J.S., 1989.** Evolution in Thermodynamic Perspective: An Ecological Approach. *Biology and Philosophy*, 4:373 - 405.
- Weizsacker, E. von, and Weizsacker, C. von, 1972.** Wiederaufnahme der begrifflichen Frage: Was ist Information? *Nova Acta Leopodina*, 37 (206): 535-555.
- Whittaker, R.H., 1972.** Evolution and measurement of species diversity. *TAXON*, 21 (2/3), 213- 251.



Wicken, J. S., 1978. Information Transformations in Molecular Evolution J. Theor. Biol., 72:191-204

Wicken, J. S., 1983. Entropy, Information, and Nonequilibrium Evolution. Syst. Zool., 32 (4):438-443.

Wicken, J. S., 1987a. Entropy and Information: Suggestions for a Common Language. Philosophy of Science, 54:17-93 .

Wicken, J., 1987b. Evolution, Thermodynamics and information. Extending the Darwinia Program. Oxford, 243 pages.

Wicken, J. S., 1988. Thermodynamics Evolution, and Emergence: Ingredients for a New Synthesis. Chapter 7 in weber, B. H., Depew, D. J. and Smith, J. D. (eds.): Entropy, Information, and Evolution. Bradford, MIT, 376 pages.

Wiley, E.O. and Brooks, D.R., 1982. Victims of history-A nonequilibrium approach to evolution. Syst. Zool., 31 (1):1 - 24.

Wiley, E.O. and Brooks, D.R., 1983. Nonequilibrium Thermodynamics and Evolution: A Response to Lovtrup.

مراجع شبكة المعلومات:

<http://firstgov.gov/http://firstgov.gov/http://science.gove/http://science.gove/>

<http://search.usgs.gov/http://search.usgs.gov/http://search.usgs.gov/http://chi/sitemap.html/>

[search.usgs.gov/http://chi/sitemap.html/](http://search.usgs.gov/http://chi/sitemap.html/cbi/contact.html/cbi/contact.html/cbi/about//cbi//cbi//cbi/bio-cbar//cbi/geo-tech//cbi/geo-tech//cbi/informatics//cbi/informatics//chi/nbii//chi/n)

[cbi/sitemap.html/cbi/contact.html/cbi/contact.html/cbi/about//cbi//cbi//cbi/bio-cbar//cbi/geo-tech//cbi/geo-](http://search.usgs.gov/http://chi/sitemap.html/cbi/contact.html/cbi/contact.html/cbi/about//cbi//cbi//cbi/bio-cbar//cbi/geo-tech//cbi/geo-tech//cbi/informatics//cbi/informatics//chi/nbii//chi/n)



الفصل الخامس

النماذج البيئية وصحة النظام البيئي



- ١- تطبيقات النماذج البيئية فى نمو السكان.
- ٢- صحة النظام البيئى.
- ٣- تطبيق النظريات والنماذج البيئية لتقييم صحة النظام البيئى.
- ٤- نظام نهر النيل.
- مراجع مختارة.

١- تطبيق النماذج البيئية في نمو السكان؛

أ- نمو الأهلالت البشرية- الزيادة السكانية Human Population Growth

تعرضت الأهلالت البشرية Human Populations إلى مراحل مختلفة من الزيادة والنقص على مر التاريخ، وعلى سبيل المثال انخفض تعداد البشر في القرن الرابع عشر نتيجة انتشار وباء الطاعون الدبلى المعروف بالموت الأسود Bubonic Plague or Black Death حيث انخفض تعداد سكان قارة أوروبا بمقدار ٢٥٪ (Freedman and Berelson, 1974). كان نمو الأهلالت البشرية بطيئاً عبر عشرات من القرون، أما أول زيادة ملحوظة في تعداد البشر فكانت منذ حوالى ثمانية آلاف عام شكل (١) وكان ذلك متزامناً مع نمو الزراعة الذى أدى إلى زيادة السعة البيئية Carrying Capacity فى المناطق التى يزرعها الإنسان. وسجل ثانى ارتفاع ملحوظ فى تعداد السكان منذ حوالى مائتى عام مع بداية الثورة الصناعية واستخدام الوقود فى إنتاج الطاقة واستعمار القارات التى كانت تحتوى على أعداد بسيطة من البشر ونقص معدلات الوفيات بسبب تقدم الرعاية الطبية. لقد شهدت المائتى عام الأخيرة أكثر من ٨٠٪ من الزيادة الكلية لتعداد البشر عبر التاريخ (شكل ٢).

ويتوقع أن عدد سكان العالم سوف يتراوح بين ٩-١٤ بليون نسمة خلال القرن الحادى والعشرين (شكلا ١، ٢).

انخفض معدل زيادة تعداد السكان فى البلاد المتقدمة من ١٩, ١٪ (بين أعوام ١٩٦٠-١٩٦٥) ليصل إلى ٠, ٤٨٪ (بين أعوام ١٩٩٠-١٩٩٥) بعكس الدول

الآخذة في النمو حيث ارتفع معدل الزيادة السكانية من ٢,٣٥٪ (بين أعوام ١٩٦٠-١٩٦٥) إلى ٢,٣٨٪ (بين أعوام ١٩٧٠-١٩٧٥) ولكنه انخفض ليصل إلى ٢,١٪ بين أعوام (١٩٨٠-١٩٨٥). (Stiling, 1996) وتعتبر أفريقيا أكثر مناطق العالم من حيث الخصوبة (جدول ١).

جدول (١). معدل الخصوبة في مناطق مختلفة من العالم

معبرا عنه بمتوسط عدد الأطفال لكل زوجة

المكان	معدل الخصوبة
أفريقيا	٦,٠
شمال أمريكا	٤,٠
جنوب أمريكا	٣,٠
آسيا	٤,٠
الولايات المتحدة	١,٩
أوروبا	٢,٠
الاتحاد السوفيتي (سابقا)	٢,٣

ب- هل مصر مجتمع مالثوس؟ Egypt a Malthusian Society?

توماس مالثوس (١٧٦٦-١٨٣٤) هو عالم اقتصاد إنجليزي دعا إلى كبح التزايد المتعظم في عدد سكان العالم عن طريق ضبط النسل وله نظرية تقر بأن عدد السكان يتزايد بنسبة تفوق ازدياد الموارد الغذائية مما سوف يؤدي إلى حدوث المجاعات والحروب وتفشي الأمراض. ذكر (Odum, 1997) أن مصر تعتبر مجتمع مالثوس حيث يمكن أن يتجاوز عدد السكان في فترة قصيرة الموارد الغذائية. ازدادت مساحة الأرض الزراعية في مصر من ٥,٥ الى ٧,٥ مليون فدان بين أعوام ١٩٠٠-١٩٩٠ نتيجة لإنشاء السد العالي وعمليات استصلاح الأرض وتقدم

التقنيات الزراعية، ولكن عدد السكان ارتفع فى تلك الفترة (بين أعوام ١٩٠٠ - ١٩٩٠) من ١٠ مليون إلى ٥٠ مليون نسمة، ومن ثم فقد انخفض نصيب الفرد السنوى من (٥, ٠) إلى (١, ٠) فدان سنويا. وهناك طريقة بسيطة لحساب الزيادة المتوقعة فى تعداد السكان عن طريق حساب زمن تضاعف الأهله (عدد السكان) (Population doubling time) وزمن تضاعف الأهله هو عدد السنوات التى يتضاعف فيها عدد السكان، ويمكن حساب زمن تضاعف الأهله من العلاقة:

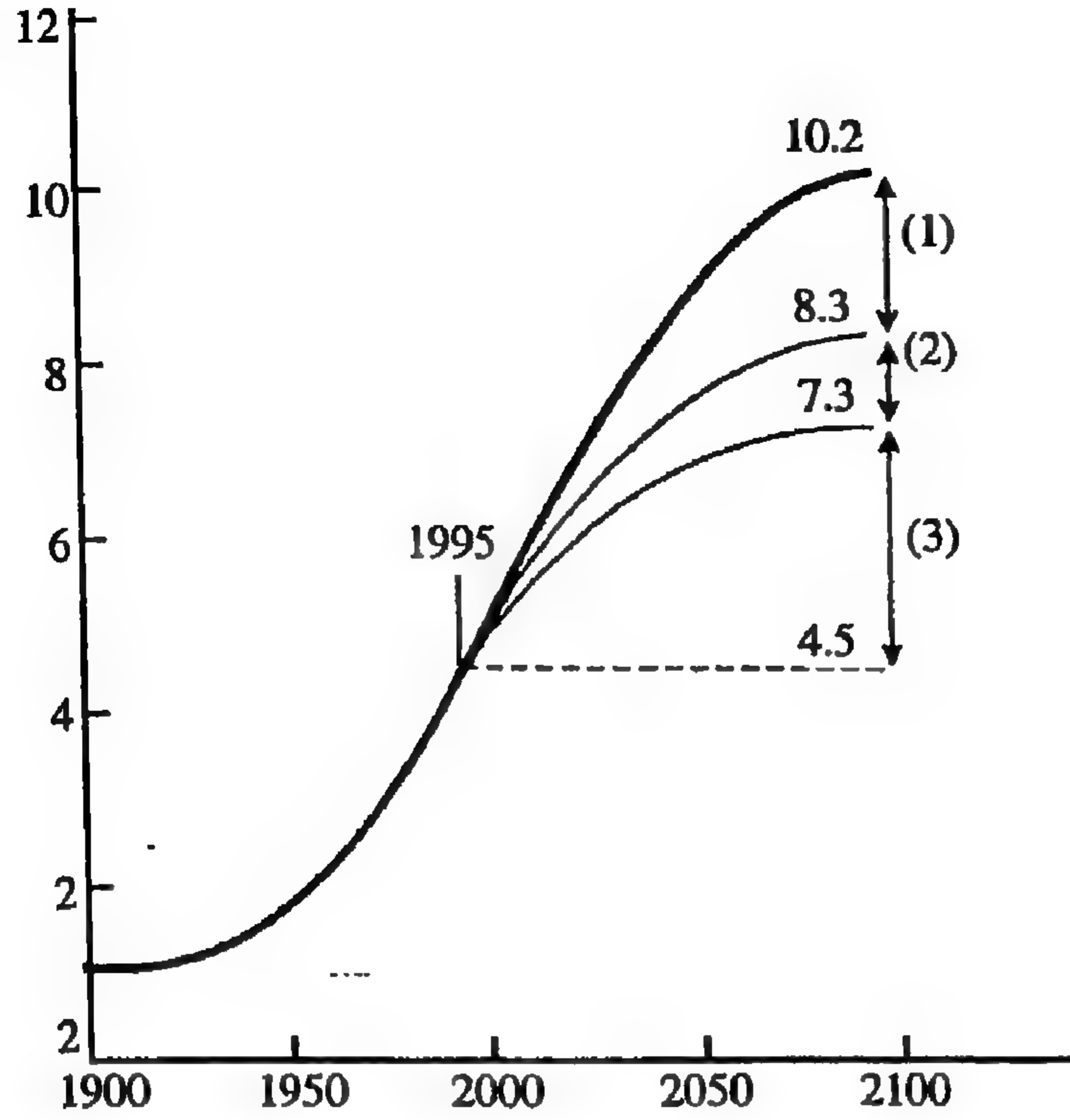
$$\text{زمن التضاعف} = \text{Population Doubling Time} = \log \% \text{ rate of increase} / r$$

حيث: (r) = النسبة المئوية للزيادة السنوية فى صورة كسر عشري: ، فإذا افترضنا أن عدد سكان مصر عام ٢٠٠٠ هو ٦٥ مليون نسمة فإن جدول (٢) يوضح العام المتوقع أن يتضاعف تعداد سكان مصر ليصل إلى ١٣٠ مليون نسمة عند احتمالات مختلفة لمعدلات الزيادة تتراوح بين ٨, ٠٪ إلى ٥, ٠٪.

ويوضح الجدول أن تعداد السكان فى مصر يمكن أن يصل إلى ١٣٠ مليون نسمة فى فترة تصل تقريباً إلى ٨٧ عاماً (عام ٢٠٨٧) إذا كان معدل الزيادة السكانية فى التعداد هو ٨, ٠٪ (كما فى حالة بعض الدول المتقدمة فى أوروبا) و ١٤ عام (٢٠١٤) إذا كان معدل الزيادة السكانية ٥, ٠٪ (وهو نسبة متوسطة بين معدلات الزيادة السنوية فى أفريقيا وشمال أمريكا (راجع أيضا جدول ١).

وتجدر الإشارة إلى أن الزيادة فى تعداد السكان بمعدلات عالية لا تؤدي فقط إلى استنزاف المواد الطبيعية وإبطاء النمو الاقتصادى ولكنها تؤدي أيضا إلى تفاقم بعض المشكلات البيئية الناتجة عن استخدام المبيدات الحشرية والمخصبات الزراعية بمعدلات عالية لسد احتياجات السكان، بالإضافة إلى صعوبة التخلص من المخلفات.





شكل (١): البدائل المختلفة لمعدلات نمو الأهلالت البشرية (تعداد السكان) حتى عام ٢١٠٠
عن (Bongaarts, 1994) طبقاً لثلاثة احتمالات:

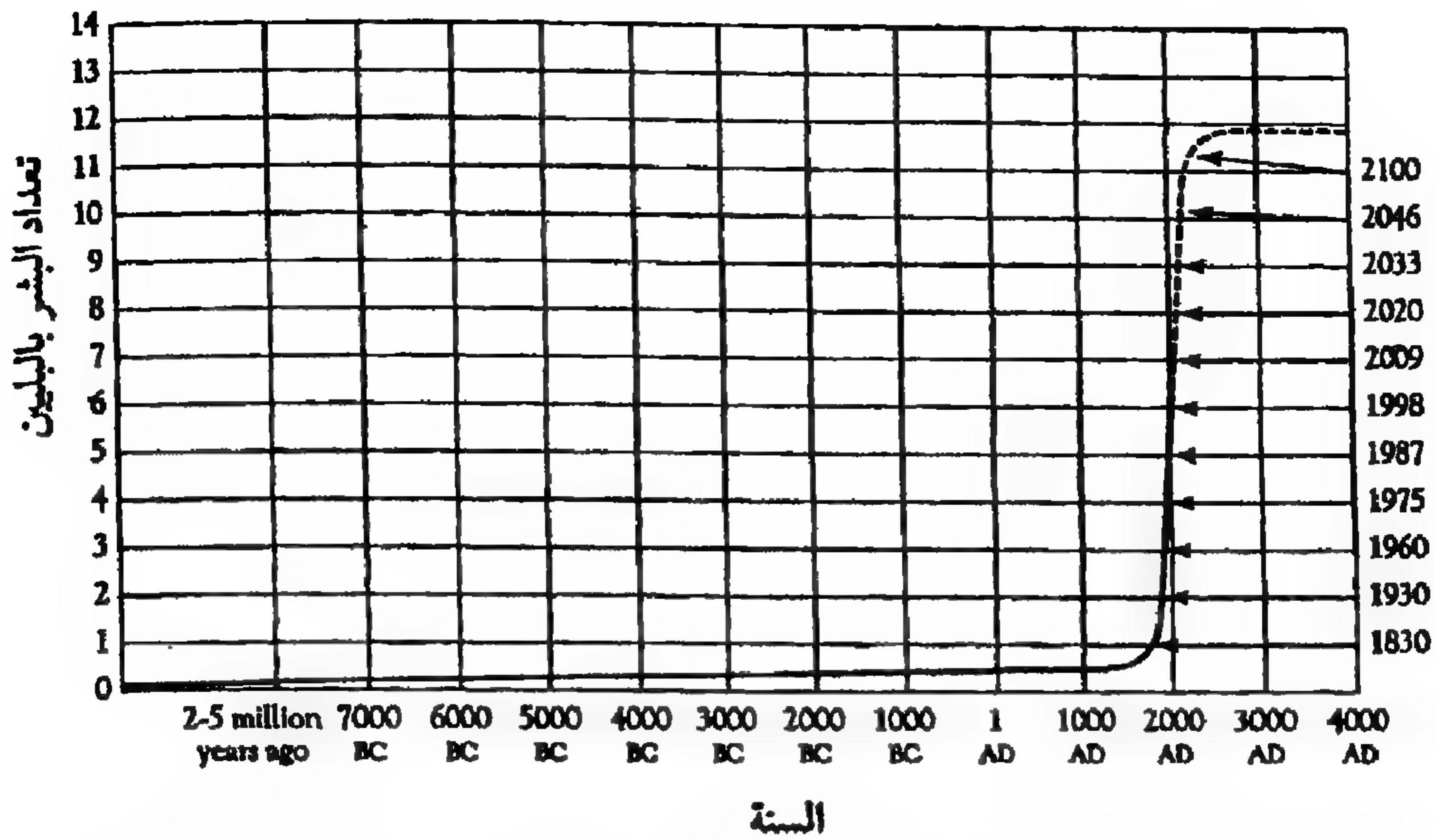
(١) خصوبة غير مطلوبة Unwanted Fertility كما في حالة الحمل في مرحلة المراهقة وفي هذه الحالة يمكن أن يصل عدد السكان إلى عشرة بلايين أو أكثر.

(٢) الرغبة في الأسر الكبيرة Desired High Family Size ويحدث هذا نتيجة احتياج بعض الأسر في دول العالم الثالث إلى عدد كبير من الأطفال للعمل ومعاونة الآباء، وفي هذه الحالة سوف يصل التعداد إلى تسعة بلايين على الأقل.

(٣) أن تنجب كل أنثى طفلين فقط وفي هذه الحالة سوف يصل تعداد السكان إلى سبعة بلايين على الأقل.

جدول (٢) زمن تضاعف الأهلة (عدد السكان) في جمهورية مصر العربية عند
احتمالات مختلفة للنسبة المئوية للزيادة السكانية.

النسبة المئوية للزيادة	زمن تضاعف الأهلة (بالسنوات)	العام الذي يتوقع أن يصل فيه التعداد إلى ١٢٠ مليون نسمة
0.8	86.64	2087
1.0	69.31	2070
1.2	57.76	2058
1.4	49.51	2050
1.6	43.32	2043
1.8	38.50	2039
2.0	34.66	2035
2.2	31.50	2032
2.4	28.88	2029
2.6	26.66	2027
2.8	24.75	2025
3.0	23.10	2023
3.2	21.66	2022
3.4	20.39	2020
3.6	19.25	2019
3.8	18.24	2018
4.0	17.33	2017
4.2	16.50	2017
4.4	15.75	2016
4.6	15.07	2015
4.8	14.44	2014
5.0	13.86	2014



شكل (٢): الزيادة في تعداد البشر - يوضح الشكل أن النمو السكاني كان بطيئاً وحدث الانفجار السكاني فجأة في الآونة الأخيرة عن (Stiling, 1996).

٢- صحة النظام البيئي

يمكن التمييز بصفة عامة بين تلوث محدد المصدر Point Source Pollution (مثال: مدخنة مصنع) مقابل تلوث غير محدد المصادر Nonpoint-Source Pollution. ويمكن بسهولة رصد تلوث محدد المصدر والحد من انبعاثاته. أما تلوث غير محدد المصدر فمن الصعب تتبعه كما في حالة عوادم السيارات ومياه الصرف الزراعي. والواقع أن خطورة النوع الأخير من التلوث تزايدت في الآونة الأخيرة. وتعتبر القاهرة من أكثر مناطق العالم على الإطلاق من حيث التلوث الهوائي بالغبار والجزيئات المعلقة. ونقدم فيما يلي بعض المعلومات عن تلوث محدد المصدر Point Source Pollution وتلوث غير محدد المصدر Nonpoint-Source Pollution في القاهرة الكبرى والجيزة.

(أ) تلوث محدد المصدر Point Source Pollution:

تعتبر منطقة «أبو زعبل» من أكثر المناطق تعرضاً لتلوث الهواء بالقاهرة، وقد قدم جهاز شؤون البيئة بجمهورية مصر تقريراً حول تلوث الهواء في المناطق الصناعية في القاهرة. ويعطى جدول (٣) درجة تركيز الملوثات في مناطق مختلفة



من القاهرة الكبرى والحد المسموح به من مختلف الملوثات، وقد أعطت دراسات جهاز شؤون البيئة بعض الإحصاءات التي أوضحت خطورة المرحلة التي وصلت إليها القاهرة من الملوثات ونذكر منها:

(١) حوالى ٢٠٪ من سكان منطقة شبرا يعانون من أمراض فى الرئة نظرا للتعرض لجرعات عالية من ثانى أكسيد الكبريت والدخان.

(٢) ٢٩٪ من أطفال المدارس فى حلوان يعانون من أمراض رئوية فى المناطق القريبة من مصانع الأسمت.

(٣) معدل الوفيات بأمراض الصدر فى حلوان هو ١٩٪.

(٤) نسبة التلوث بالأوزون سوف تودى إلى تضاعف نسبة أمراض الجهاز التنفسى وبعض أمراض العيون بالإضافة إلى ضعف نمو النبات حيث سجل انخفاض فى محصول البرسيم وقدر هذا الانخفاض بما يعادل ٥٠-٦٠٪ من الإنتاج فى منطقة شبرا الخيمة.

ومن المؤسف أن الزيارة الميدانية (للمؤلف) لمنطقة «أبو زعبل» عام ١٩٩٩ (أى بعد ظهور تقرير جهاز شؤون البيئة بسبع سنوات) أظهرت ما يلى:

(١) الكثير من السكان فى منطقة «أبو زعبل» يعانون من أمراض صدرية مزمنة.

(٢) الملوثات غير المعالجة لا تزال تنبعث من المنشآت الصناعية فى المنطقة.

(٣) وجود حفر هائلة نتيجة عمليات تعدين تحتوى تلك الحفر على مياه جوفية وتستخدم تلك الحفر كمقالب للقمامة مع ملاحظة أن عمليات التخلص من القمامة بالحرق مستمرة ليلا ونهارا.

(٤) دمرت بعض حقول المحاصيل الزراعية وجفت النباتات نتيجة ارتفاع نسبة الملوثات فى الهواء بالإضافة إلى ما تعانيه نباتات الزينة ونباتات الظل والنباتات البرية من الضعف نتيجة تلك الانبعاثات.

إن البيانات التى عرضناها فى الفقرات السابقة توضح أن مشكلة التلوث فى القاهرة قد تفاقمت بالفعل حتى إنها وصلت إلى حد تهديد أمن وحياة الملايين من المواطنين، ومن ثم فإننا نرى أن مشكلة التلوث تحتاج إلى ردع فوري لكل من يساهم فى تفاقمها من أصحاب المنشآت الصناعية أو أى متتفع باستمرار بث الملوث فى جو مصر؛ لأنها ببساطة تعنى قتلا جماعيا وانتشارا جماعيا للأمراض والأوبئة المزمنة.



جدول (٣)

ملخص لتلوث الهواء في مصر ug (عن EEAA 1992)

نوع التلوث	مستوى التلوث	وسط القاهرة	المناطق السكنية	المناطق الصناعية	النسبة المسموح بها عاليا (من - إلى)
TSP	AVG	700	590-600	600-840	70 - 50
	MAX	(?)	900	1200-1800	120 - 150
Smoke	AVG	140	70 - 130	60-150	50
	MAX	250	140	760	-
So ₂	AVG	260	100	105 - 155	50 - 80
	MAX	(?)	(?)	2430	125 - 150
NO ₂	AVG	200	100	90 - 140	95
	MAX	-	160	200	150
Ozone					
(1h)	MAX	275	410	196 - 350	150 - 235
CO	MAX				
(1h)	Street level	-	42 - 57	-	30 - 40
Lead	AVG(3h)	-	2.8 - 12.5	-	1.5
	AVG (3mdr)	-	0.6-3.0	-	0.5 - 0.1

Total Suspended Particles. إجمالي نسبة الجزيئات العالقة في الهواء TSP.

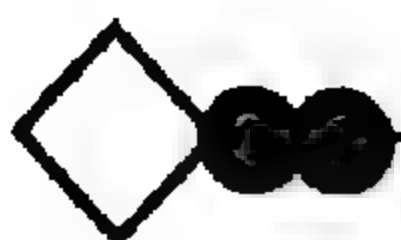
Annual Average Value . قيمة المتوسط السنوي AVG .

24 Hours Maximum. الحد الأقصى ٢٤ ساعة MAX.

Average Time 1 Hour. متوسط زمن القياس ساعة واحدة 1h.

Average Time 3 Hours. متوسط زمن القياس ٣ ساعات 3h.

Average Time 3 Months. متوسط زمن القياس ٣ أشهر 3mdr.



ب - تلوث غير محدد المصدر Nonpoint-Source Pollution:

يمكن ببساطة رصد التلوث محدد المصدر، ولكن من الصعب رصد تلوث غير محدد المصدر والأخير الذى يهدد البحيرات والأنهار والمحيطات والغلاف الجوى، وتؤدى المبالغة فى استخدام المخصبات الزراعية والمبيدات الحشرية إلى مثل هذا النوع من التلوث حيث تتسرب المركبات النتروجينية والفسفورية وبقايا المبيدات وغيرها إلى مجارى الأنهار والمياه الجوفية وغيرها من تجمعات المياه، ويعطى جدول (٤) نتائج تحاليل عينة من مصرف زراعى ضحل ومجرى مياه للرى فى منطقة «أبو رواش» وهى منطقة زراعية تتبع محافظة الجيزة. ويتضح من الجدول مدى خطورة تراكم الملوثات الزراعية فى تلك المنطقة حيث وصلت نسبة مركبات النترات والكلوريدات والكبريت إلى ٥,٦، ٤٢٦، ٧٢٠ (مجم/لتر) على التوالى، وقد تنبّهت الدول المتقدمة إلى خطورة تلك الملوثات، وعلى سبيل المثال تقدر كمية المياه الجوفية فى الولايات المتحدة بأربعة أمثال كمية المياه فى البحيرات العظمى إلا أن علماء البيئة يحذرون من تراكم الملوثات فى تلك المياه نتيجة المبالغة فى استخدام المخصبات والمبيدات الزراعية.

جدول (٤) نسب بعض العناصر فى مصرف زراعى ومجرى رى فى منطقة أبو رواش،

بمحافظة الجيزة (تم التحليل فى وحدة التحاليل الدقيقة بجامعة القاهرة)

القياس	النسبة فى المصرف الزراعى	النسبة فى مياه الرى
درجة تعكر الماء (TE/F)	١٣	٨
الأملاح المذابة	٢٤٨٢,٦	٤٤٦,٣
الرصاص (ppm) Lead	٠,٠٩٢	٠,٠٧٣
النترات (mg/L) Nitrates	٥,٦	١,٢
الكاديوم (ppm) cadmium	٠,٠٠٣	٠,٠٠٣
الكلوريدات (mg/L) chlorides	٤٢٦	٧١
الكبريت (mg/L) Sulphates	٢٧٠	٦٢
الزنك (mg/L) Zink	٠,٠٣	٠,١٢
درجة تركيز أيونات الهيدروجين (pH)	٨,٨٢	٨,٣٢

٣- تطبيق النظريات والنماذج البيئية لتقييم صحة النظام البيئي

أ- نمو مفهوم الصحة من الكائن الحي إلى النظام البيئي:-

يعتبر امتداد مفهوم الصحة من الفرد إلى النظام البيئي ككل فكرة حديثة نسبياً، وهذا الامتداد في مفهوم الصحة يشبه إدراك الأطباء البيطريين لمفهوم صحة القطيع بدلا من صحة كل فرد على حدة من القطيع أو المزرعة، فالיום ينظر إلى صحة القطيع ككيان واحد. (Rabble et al, 1997; Walter-Toews, 1996)

لقد تنامت في العقدين الأخيرين فكرة صحة النظام البيئي كجسد واحد أو كيان متكامل بحيث إذا ما أصيب أى جزء من هذا الجسد فسوف يؤدي هذا، بالقطع، إلى التأثير سلبا على النظام ككل واحد مترابط.

لقد صدر عدد خاص من مجلة Science (العدد ٢٧٧ صادر في ٢٥ يوليو عام ١٩٩٧) يعطى دلائل وشواهد قوية على أنه لا يوجد مكان واحد على سطح الكرة الأرضية لم يتأثر بالأنشطة البشرية ومن ثم تؤكد المجلة على أن جميع الأنظمة البيئية على سطح الكرة الأرضية تحتاج إلى إدارة بدرجات متفاوت تبعاً لمدى تأثير الإنسان على كل من تلك الأنظمة، وحتى تصبح تلك الإدارة صحيحة فإن ذلك يحتاج إلى التوجيه العلمى لمديرى ومسئولى تلك الأنظمة البيئية.

وفى نفس العام (١٩٩٧) أكد (Vitousek et al, 1997) على أن الأنشطة البشرية أدت بالفعل إلى إحداث تغيرات واضحة من مناطق تتراوح بين ثلث ونصف سطح الكرة الأرضية، فعلى سبيل المثال ارتفعت نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الجوى بما يعادل ٣٠٪ منذ بداية الثورة الصناعية وحتى الآن، كما وجد أن نسبة تثبيت النتروجين الجوى نتيجة الأنشطة البشرية أعلى من نسبة تثبيت النتروجين الجوى نتيجة جميع أنشطة الكائنات الحية مجتمعة، وعلاوة على ذلك فقد توصل هؤلاء الباحثون إلى أن نصف المياه العذبة على سطح الكرة الأرضية تحت الاستعمال و٢٥٪ من أنواع الطيور المعروفة على الكرة الأرضية فى طريقها للانقراض فما هو واجب المجتمع البشرى تجاه الأنظمة البيئية؟.

وقد أجاب (Rapport & Moll, 2000) على السؤال السابق كما يلي : إننا (أى البشر) نحتاج إلى تكامل مفاهيمنا الاقتصادية والبيولوجية والاجتماعية



بالإضافة إلى مفهوم صحة النظام البيئي والأخلاقيات والقيم البيئية من خلال وجهة نظر شمولية أو نظرة شمولية، وتلك النظرة الشمولية يطلق عليها صحة النظام البيئي Ecosystem Health، ويعتبر هذا المفهوم أحد الاتجاهات الحديثة في إدارة الأنظمة البيئية، وقد أمكن تلخيص هذا الاتجاه من خلال أربع نظريات وضعها (Boyce, 1995) وقد اعتمدت صياغة نظريات (Boyce) على ثلاثة مبادئ، وسوف نصيغ تلك المبادئ قبل صياغة النظريات:

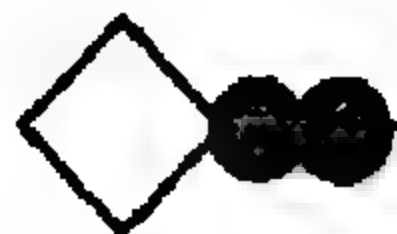
١- مبدأ الاستمرارية Principle of Continuity:

ينص هذا المبدأ على عدم إمكان تغير العمليات البيولوجية من حالة إلى حالة تالية بدون المرور بجميع المراحل الانتقالية الضرورية لتغير العمليات أو الحالة البيولوجية إلى الحالة التالية، على سبيل المثال النظام البيئي المكون من أشجار لا بد وأن يكون مر بجميع مراحل نمو النبات بدءاً من إنبات البذور ومروراً بالبادرات والأشجار الصغيرة وغيرها من المراحل حتى يصل إلى وضعه الحالي، ويمكن إطلاق أسماء التتابع البيئي Ecological Succession أو النمو Growth أو التحول Transformation على تلك المراحل.

٢- مبدأ عدم الانعكاس Principle of Irreversibility:

وينص هذا المبدأ عن أن صفات النظام البيولوجي تختلف عما كانت عليه في الماضي حيث إن التغيرات الفيزيائية في النظام البيئي تؤدي حتماً إلى تغير المكونات البيولوجية للنظام، وهذا التغير غير مرتد، فعلى سبيل المثال استهلاك النباتات بالأنواع العشبية واستهلاك الحيوانات العشبية بواسطة المفترسات يؤدي إلى تغيرات غير عكسية في تكوين النظام البيئي.

إن مبدأ الاستمرارية وعدم الانعكاس هما اللذان يفسران عدم انعكاس التتابع البيئي، أي أن التغير والتتابع البيئي دائماً ما يكونان في اتجاه واحد، وعلى سبيل المثال لا يمكننا توقع ظهور الديناصورات أو الأسماك المدرعة بعد مرور بضعة آلاف أو ملايين من السنين.



٣- مبدأ التركيب Principle of Structure:

يستخدم هذا المبدأ لشرح كيفية ارتباط المكونات البيولوجية للنظام البيئي وكيفية انسياب الطاقة والمعلومات خلال المكونات البيولوجية، حيث إن انسياب الطاقة والمواد يحدد ديناميكية وسلوك المكونات البيولوجية للنظام البيئي. فعلى سبيل المثال يؤدي الموت الطبيعي للحيوان وحصاد الأشجار بواسطة الحيوانات العشبية إلى تغير تركيب وديناميكية الموقع. وموت الأشجار التي تحجب ضوء الشمس يغير من كم الأشعة التي يستقبلها سطح الأرض أسفل تلك الأشجار، وهذا يؤدي بدوره، إلى تغير في التركيب العضوي للتربة. وبصفة عامة فإن الأحداث الطبيعية وإزالة الأشجار تؤدي في النهاية إلى تغير معدل تكون المكونات العضوية من أشجار كبيرة قليلة العدد ظليلة ومرتفعة إلى نمو العديد من أنواع من الأشجار الصغيرة والبادرات على أرضية الغابة.

إن تركيب النظام البيئي من حيث المكونات الطبيعية والبيولوجية يحدد المظهر الجمالي والبيئات والتنوع البيولوجي والثروة البيولوجية من الأخشاب والوقود وغيرها في كل موقع من النظام البيئي، وبصفة عامة فإن بعض المسطحات الغابية Organization of Forested Landscapes يحدد بواسطة ديناميكيات تركيبية تعرف بالمواقع Stands، والموقع هو انتشار معين في الزمان والمكان.

أما النظريات (Boyce, 1995)، فهي كالتالي:

النظرية الأولى I Theory:

"Each living organism and its environment form an individualistic system with the goal of survival and dynamics of systems with negative feedback control."

«كل كائن حي وبيئته يكونان نظاما فرديا بهدف البقاء وديناميكية تلك الأنظمة تقع تحت سيطرة تغذية استرجاعية سالبة.

هناك اتفاق عام على أن الأنظمة الفردية (كل كائن حي يمثل نظاما فرديا) أنظمة سبرانية Cybernetic بمعنى أنها منضبطة في طبيعتها وغالبا ما يسيطر على عملياتها تغذية استرجاعية سالبة، ولتبسيط معنى «تغذية استرجاعية سالبة» نفترض



أن العامل (أ) يؤدي إلى إحساس الكائن الحي بالجوع فيندفع إلى تناول الطعام، وبعد تناول الطعام يفرز من جسم الكائن الحي عامل آخر هو (ب) فيؤدي العامل (ب) إلى إحباط العامل (أ) حتى ينتهي الإحساس بالجوع، وبعد فترة معينة (بعد إتمام عملية هضم الطعام) يرتفع مرة أخرى منسوب العامل (أ) مما يؤدي إلى الشعور بالجوع..... وهكذا فتتضبط عملية الهضم والاغذاء والإحساس بالجوع والشبع في الكائن الحي، وقد أعطينا مثالا على عملية التغذية الاسترجاعية السالبة في ضبط درجة حرارة الجسم (الفصل التاسع) ويمكن تطبيق ذلك على الهرمونات والإنزيمات وغيرها من العوامل المنظمة لحياة الكائن الحي.

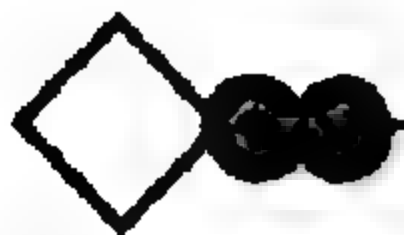
إذن فالكائن الحي يتفاعل مع بيئته بطريقة سبرانية (منضبطة بالمعلومات) مبنية على أساس من عمليات تغذية استرجاعية سالبة، وهذا يفسر عمليات اتزان الكائن الحي أو الاتزان البدني وهو اتزان بين كل عناصر الكائن الحي Homeostasis.

وما ينطبق على الفرد يمكن أن ينطبق على الأهلات والمجموعات من النوع الواحد أو المجتمعات من أنواع مختلفة في حيز بيئي معين حيث تنتظم الأهلات إلى حد قريب من درجة الاتزان، ولكن النظرية السابقة تفترض أن تنظيم الأهلات يعتمد على كل فرد ولكن ليس على الأهلات ككل فالتنظيم الذاتي لكل فرد مندمج مع بيئته كنظام فردي Individualistic System هو الذي يؤدي في النهاية إلى تنظم الأهلات أو المجتمعات، فالسبرانية (الضبط بالمعلومات) حق كل فرد في الجماعة ولكنها ليست عملا مشتركا بين أفراد الجماعة، فالجماعات أو الأهلات النباتية والحيوانية لا تخضع لتنظيم جماعي، ولكنها تستجيب بشكل فردي إلى التغيرات البيئية.

لا يمكن تعميم تلك النظرية بشكل مطلق حيث إنها تتجاهل العديد من الدراسات السلوكية التي تؤكد على استجابات سلوكية جماعية للتغيرات البيئية العشوائية بالإضافة إلى سلوك الغيرية أو تضحية فرد من أجل المجموع (راجع الشاذلي - مبادئ علم بيئة الحشرات).

النظرية الثانية Theory II:

"The reversibility of biological processes results in mortality of individualistic systems whose survivors create an aimless community organization".



«يؤدي عدم انعكاس العمليات البيولوجية إلى الموت في الأنظمة الفردية (يقصد موت أفراد)، والأنظمة الفردية الحية تؤدي إلى تعض اجتماعي غير ذي هدف».

مرة أخرى يؤكد (Boye, 1995) من خلال النظرية الثانية على أن الأنظمة البيئية تبنى على انسياب عشوائي وغير هادف للطاقة وانها ليست أنظمة مرتبطة أو سبرانية.

تناقض هذه النظرية ما حاول العديد من علماء البيئة المثال: (H.T. odum, 1960; E.P. odum, 1969; van Dyne 1966, 1969 a,b; Patten, 1964; watt, 1968). التوصل إليه من أن النظام البيئي ككل هو نظام منضبط بمعنى أن السبرانية تنتقل من النظم الفردية إلى النظام البيئي ككل.

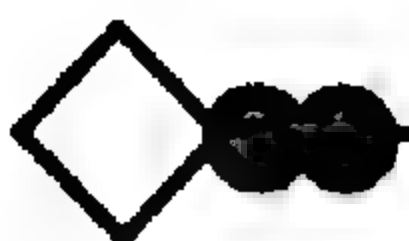
وكما ذكرنا سابقاً، فإن المؤلف يميل إلى أن النظام البيئي ككل هو نظام سبراني، منضبط إلى أن يشاء الله عز وجل.

النظرية الثالثة Theory III:

"Flows of energy and materials are unidirectional and have the dynamics of systems with positive feedback control".

«انسياب أو حركة الطاقة والمادة في النظام البيئي غير محدد الاتجاه وتخضع لديناميكية الأنظمة ذات التغذية الاسترجاعية الموجبة».

يعتمد تركيب الأنظمة البيئية على كمية الطاقة الشمسية التي تستقبلها تلك الأنظمة وأيضاً على كمية ثاني أكسيد الكربون والأكسجين وغيرها من المواد. إن تأجيل تشتت الطاقة والمواد في الكائن الحي، عن طريق حفظ الكائن الحي إلى جزء من المادة - في جسده - والطاقة أثناء حياته وحتى موته - إن تأجيل تشتت الطاقة والمواد بواسطة الكائن الحي لا يمكن شرحه ببساطة بتطبيق نظريات الاتزان الديناميكي الحراري. إن ما ذكره (Spanner, 1964) من أن الكون يتحرك تجاه اتزان ديناميكي حراري فهذا الاتزان يعني ببساطة من وجهة النظر البيولوجية موت جميع



الكائنات الحية. إن هذه النظرية تقر بأن انسياب الطاقة فى النظام البيئى هو انسياب «مشتت» وليس متحفظا وهو باتجاه زيادة الأنتروپى Entropy أو زيادة إهدار الطاقة فى الكون كنظام ديناميكى حرارى. إن هذه العمليات - غير المتعكسة - والتي لا تمر بمراحل اتزان ديناميكى حرارى يجب أن تخضع للدراسة ما يعرف بالديناميكا الحرارية للعمليات غير المتعكسة. Thermodynamics of Irreversible Processes.

لقد أراد Boyce, 1995 من نظريته الثالثة أن يؤكد على وجود علاقة بين سلوك الكائنات الحية Organisms والمجتمعات Communities ومبدأ الديناميكا الحرارية الذى يقر بازدياد الأنتروپى Entropy أو الطاقة المشتتة فى الكون مع مرور الوقت.

الكائنات الحية ومجتمعاتها والتي يطلق عليها اسم الغابات أو البيئات الطبيعية هى فى النهاية أنظمة تتغير وتتبدل من حالة عدم اتزان إلى حالة عدم اتزان تالية لا يمكن أن تعود إلى حالة سابقة، فالتحول من عدم اتزان إلى عدم اتزان هو تحول «غير عكسى».

النظرية الرابعة Theory IV:

" States of organization of forested landscapes determine baskets of benefits that satisfy human desires "

«إن سلة المنفعة البشرية من المسطحات الغابية تعتمد على الحالة التنظيمية لتلك المسطحات»

تتغير الحالة التنظيمية للأنظمة البيئية عبر الزمن مع كفاح الأنظمة الفردية لجعل المتغيرات البيئية فى حدود طاقتها الاحتمالية وقدرتها على مقاومة الموت الذى يؤدي حتما إلى تغير انسياب الطاقة والمواد فى النظام البيئى. ويستطيع القائمون على إدارة الأنظمة الطبيعية تحديد المنفعة التى يمكن الحصول عليها من الناحية الجمالية أو الاستفادة بالأخشاب والتنوع البيولوجى طبقا لطبيعة الموقع من حيث نوعية المكونات البيولوجية ومساحة الموقع وحالة الاتزان وقت اتخاذ القرار.



ب- تشخيص صحة النظام البيئي

سوف يتم استخدام شبكة المعلومات النظرية المتاحة لمناقشة التوجهات الحديثة في إدارة الأنظمة البيئية وكيفية تطبيق تلك المعلومات في تشخيص أو تقييم صحة النظام البيئي.

طبقا لما ذكره (Boyce, 1995)، فإن النظريات السابق ذكرها تمهدنا بالأسس التي يمكن أن نستخلص منها قاعدة عامة وهي أن «الأنظمة البيئية الطبيعية غير المدارة (بدون إدارة) هي أنظمة بلا هدف ومن ثم فإن إدارة تلك الأنظمة يحولها إلى أنظمة محددة الهدف، بالإضافة إلى أن تلك الأنظمة يمكن أن تمهدنا بأسس لوضع نماذج للمسطحات الغابية أو الأنظمة البيئية الغابية.

سوف نعطي في الجزء القادم أمثلة لتلك النماذج لإيضاح كيفية استخدامها لتحديد الحالة الصحية للنظام البيئي، ومن ثم فإننا سوف نعطي شرحا لكيفية استخدام النماذج البيئية والنظريات البيئية لتحقيق الأهداف التالية:

- ١- تأسيس معايير أو قواعد ومقاييس معينة للنظام البيئي مثل المساحة والحدود.
- ٢- التحقق من الأشياء غير المعتادة التي قد تنجم نتيجة ضغط أو مجموعة ضغوط على النظام البيئي (تشخيص الحالة المرضية للنظام البيئي).
- ٣- تحديد الأسباب والعلاقات التي قد تؤدي إلى حدوث انحرافات غير متوقعة في النظام. وسوف تقدم فيما يلي شرحا مبسطا لمبدأ تأسيس المعايير بالإضافة إلى تشخيص أو تعريف الحالة المرضية Pathological State للنظام البيئي.

• تأسيس المعايير Establishing the Norms:

طبقا للنظرية رقم (٤) المذكورة أعلاه، يعتمد مقدار انتفاع الإنسان من النظام البيئي على حالة أو وضع النظام البيئي. أو في عبارة أخرى الحالة الصحية أو صحة النظام البيئي تحت الدراسة. «فالحالة الصحية للنظام البيئي» ecosystem Health هي مجرد تعبير عن تكامل التعضي للنظام البيولوجي Organization of Biological System لإرضاء رغبات الإنسان الاقتصادية والاجتماعية مثل إمكانية

الحصول على الأخشاب الطبيعية أو المركبات النباتية أو صلاحية النظام للحفاظ على الأنواع المهددة، بالإضافة إلى النواحي الجمالية والترفيهية التي تحقق منافع اقتصادية ترضى رغبات البشر.

إن صحة النظام البيئي تعتمد على قدرة الإنسان على إدارة النظام، أو بعبارة أخرى يمكن الوصول إلى نظام بيئي صحي عن طريق فن وعلم إدارة النظام، وعلى سبيل المثال فإن علم إدارة الأنظمة الغابية Forest Ecosystem يهدف في النهاية إلى الوصول إلى نظام غابي مستغل طاقة الشمس بأقصى صورة ممكنة لإنتاج الخامات المطلوبة مع ضمان استمراريته. كما أن النظام الصحي يوفر احتياجات الكائنات الحية الأخرى، فعلى سبيل المثال، تحتاج العديد من الحيوانات إلى مسطحات واسعة من نباتات معينة في عمر معين للتغذية، وأنواع نباتية أخرى تتخذها كمأوى وأنواع أخرى للتكاثر، وعلى ذلك فالنظام البيئي الصحي هو الذي يدار بطريقة توفر كل تلك المتطلبات لأنواع الحيوانات والنباتات المتواجدة في هذا النظام مع ضمان استمرارها.

وما تقدم يطرح سؤالاً بديهياً، وهو: كيف يمكن استخدام النماذج البيئية والنظريات البيئية لخلق المعايير أو القواعد التي تحدد صفات النظام البيئي؟. لقد حاول (Boyce, 1995) الإجابة على السؤال بافتراض ضرورة تصميم خطط توجه التعاضى للأنظمة الذاتية للوصول إلى الحالة المطلوبة للنظام البيئي، وهذا يعنى من وجهة نظر هذا المؤلف تدخل الإنسان لطرح وتطبيق نماذج لإدارة الأنظمة البيئية، وقد أعطى المؤلف السابق (Boyce, 1995) بعض نماذج الإدارة التي تهدف إلى تغير الحالة الأصلية لتعاضى الغابات بخطوات منظمة ومحددة بهدف الوصول بالنظام إلى الحالة الصحية.

ومن أمثلة ذلك إزالة الأخشاب أو الأشجار من الأنظمة الغابية بطريقة منظمة بهدف إتاحة وصول ضوء الشمس إلى مساحات معينة من أرضية الغابة ضماناً لوجود واستمرارية بيئات متعددة، هذا فضلاً عن الكسب المادى الذى ينتج عن إزالة واستخدام الأشجار الخشبية.



Identification of Pathological State

من الصعب فى وجود معلومات متناثرة أو مشاهدات على المدى الزمنى القصير تحديد أى خلل فى النظام البيئى، فقد تكون بعض التغيرات فى وظائف النظام البيئى تغيرات عرضية ولا تعنى بالضرورة انحراف النظام البيئى عن سلوكه الطبيعى، فعلى سبيل المثال توجد مستنقعات فى وسط أونتاريو (كندا). تحتوى على وفرة من الكساء النباتى الذى يستخدم كمأوى وغذاء للعديد من أنواع الطيور والأسماك، ولكن تلك المستنقعات تبدو فى الظاهر وكأنها هادئة وطبيعية، ولكن توجد علامات مرضية فى هذا النظام ومن بينها موت الطيور فى الشتاء بأعداد كبيرة تفوق معدلات الموت العادية، وبعد الدراسة وجد أن موت الطيور يحدث نتيجة التسمم بالرصاص حيث إن هذه المنطقة تستخدم لأنشطة الصيد بواسطة الهواة، ومع تراكم كميات كبيرة من الرصاص وعلى المدى الزمنى الطويل، أدى ذلك إلى موت الطيور بأعداد كبيرة.

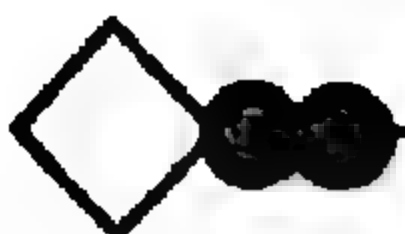
ولمعرفة الحالة الصحية للنظام البيئى، يجب أن لا نعتد على مؤشر واحد، ففي المثال السابق كان هناك أكثر من مؤشر مثل موت الطيور وزيادة نسبة الرصاص فى المستنقعات.

سوف نعطى مناقشة للحالة الصحية لنهر النيل كأحد الأنظمة البيئية التى تحتاج إلى تقييم مستمر.

٤- نظام نهر النيل

أ- النهر

مجرى طبيعى للمياه، ويمكن أن يكون مصدره بحيرة أو مجموعة جداول أو غيرها من مجتمعات المياه. جميع الأنهار تنساب من أراضى مرتفعات إلى أراضى منخفضة حتى تصب فى البحر. فمنايع الأنهار تنشأ فى أراض مرتفعة والمصببات فى أراضى أكثر انخفاضاً. معظم أنهار العالم تعرضت للتلوث عن طريق



إلقاء مخلفات الصرف الصحي أو الزراعى بالإضافة إلى ما يعرف «بتلوث غير محدود المصدر» حيث تتحرك مخلفات المبيدات والأسمدة خلال التربة لتصل إلى مجارى الأنهار وعموما فإن نسبة التلوث أعلى فى الدول النامية. وبالإضافة إلى ذلك فإن السياحة النهرية والنقل النهري من العوامل التى تسبب تلوث الأنهار. وتقام السدود على الأنهار بهدف إنتاج الطاقة الكهربائية وترشيد استخدام المياه.

والفيضان جزء طبيعى من دورة النهر، ولكن فيضان الأنهار يسبب بعض الكوارث، ولذلك تبنى السدود لمنع الفيضان وتخزين المياه وإنتاج الطاقة.

أطول عشرة أنهار فى العالم:

من الصعب تحديد طول النهر بدقة، ومن الصعب أيضاً تحديد من أين يبدأ النهر بدقة وأين ينتهى وسوف نعطي متوسطات لأطول ١٠ أنهار فى العالم (عن الموقع الإلكتروني: <http://en.wikipedia.org>):

(مصر وتسع دول أخرى)	٦٦٩٠ كم	١- نهر النيل
(الولايات المتحدة الأمريكية)	٦٤٥٢ كم	٢- نهر الأمازون
(أطول أنهار الصين)	٦٣٨٠ كم	٣- نهر يانجتز (تشانج جيانج)
(وسط الولايات المتحدة الأمريكية)	٦٢٧٠ كم	٤- نهر المسيسيبي
(سبيريا)	٥٥٧٠ كم	٥- نهر أوب آر تيش
(النهر الرئيسى فى الصين)	٥٤٦٤ كم	٦- نهر هوانج هى
(شرق سبيريا - روسيا والصين)	٤٤١٠ كم	٧- نهر أمور
(وسط أفريقيا)	٤٣٨٠ كم	٨- نهر الكونغو
(شمال شرق سبيريا)	٤٢٦٠ كم	٩- نهر لينا
(أطول أنهار كندا)	٤٢٤٠ كم	١٠- نهر ماكينزى

ب - رحلة النهر

نهر النيل

يقطع النهر العظيم رحلة هائلة تمتد نحو (٦٦٩٠) كيلو مترا، منذ أن يخرج من أقصى منابعه بوسط أفريقيا، حتى يصب في البحر المتوسط.. ماراً ورابطاً بين عشر دول أفريقية هي: مصر والسودان وأثيوبيا وأرتيريا وكينيا وأوغندا وتانزانيا وزائير ورواندا وبوروندي..

هذه الرحلة الطويلة تتفاوت فيها المناطق المناخية من النقيض إلى النقيض.. فينما يبلغ مستوى هبوط الأمطار في مناطق المنابع إلى أعلى من «ألف» ملليمتر في السنة، فلا يزيد هذا المستوى في وادي النيل المصري عن «عشرة» ملليمترات في السنة..

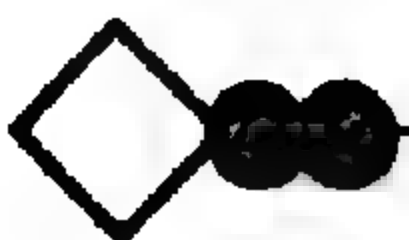
ولذلك فلم تكن هناك مشكلة مياه في المناطق الجنوبية للنهر، بينما كانت المشكلة الحقيقية في رحلة النهر نحو الشمال من وادي حلفا حتى أطراف الدلتا، حيث لا يمكن الاعتماد على المطر في عمليات الزراعة، وحيث تصبح السيطرة على مجرى النيل وعلى مياهه، أمراً واجباً وحيوياً إلى أقصى حد.. ولذلك فقد كان لا بد على المصريين الأوائل أن يتعلموا الحساب والكتابة والهندسة ليتفهموا النهر أكثر وأكثر، وليشتركوا معه في تقدم الحضارة الإنسانية على وجه العموم..

المنبعان.. الأزرق والأبيض..

والنيل الأزرق والنيل الأبيض نهرا من طبيعة مختلفة.. ولكن عليهما معاً يعتمد النيل الرئيسى في الحصول على مائه وقت الفيضان وطوال أيام السنة.

والمجرى الذى شقه النيل الأزرق منذ خروجه من بحيرة «تانا» بمرتفعات الحبشة حتى ملتقاه بالنيل الأبيض عند الخرطوم، ظل على درجة كبيرة من الثبات والاستقرار النسبى عبر السنين.

أما النيل الأبيض، فقد تعرض عبر هذا الزمن لعديد من العوامل الجيولوجية التى جعلته يغير مجراه عدة مرات.. فقد حدثت بعض الانكسارات فى القشرة الأرضية بوسط أفريقيا، وتكون الأخدود الأفريقى العظيم، وتكون بسببه الوديان



الصدعيان بوسط القارة، كما تكونت المساحة الهائلة التى تشغلها الآن بحيرة فيكتوريا . .

وبعد استقرار القشرة الأرضية على هذا النحو، أخذت الكثير من أنهار المنطقة تشق طريقها نحو البحيرة لتزويدها بالمزيد من المياه، كما أخذت بعض الأنهار والنهيرات الأخرى تشق طريقها خارجة من البحيرة.

والمجموعة المائية التى نطلق عليها اسم النيل الأبيض تبدأ فى هذا المكان، عند خروج نيل فيكتوريا من بحيرة فيكتوريا.

إلا أن هناك نظرية ترجع منابع النيل العليا إلى منطقة «بوروندى» Burundi عند الحدود الشمالية لبحيرة تنجانيقا. وعلى أية حال فيمكن القول بصفة عامة أن مساحة المناطق التى يحصل منها النيل على مائه، تبلغ نحو ثلاثة ملايين كيلومتر مربع . . أى نحو عشر مساحة قارة أفريقيا بأكملها (مختار السويفى - مصر والنيل فى أربع كتب عالمية - الدار المصرية اللبنانية).

عندما شق النيل واديه فى شمال شرق أفريقيا، تجمع الإنسان حول شاطئيه على طول المجرى وفى مناطق دلتاه. وبدأ يتعايش مع النهر، ويصنع حضارة مستقرة تقوم على الزراعة والعلوم الرياضية والهندسية.

حتى أكثر الآثار الموهلة فى القدم التى تركها لنا أوائل قدماء المصريين كانت لا تغفل النهر أبداً. وفى الغالبية العظمى للنقوش التى تم العثور عليها، حرص المصرى القديم على رسم النيل وقواربه وسفنه وأحراشه ونباتاته وزراعاته وأسماكه وحيواناته. كما أن نمط الحياة المصرية السائد فى مصر القديمة ومصر الحديثة على السواء، يدل بصفة قاطعة على أن المصريين يعرفون نهرهم تماماً، وأنهم درسوا أحواله دراسة مستفيضة متأنية، استمرت منذ الزمن القديم حتى أيامنا هذه.

بالرغم من بلوغ سكان شمال وادى النيل أعلى مراتب الحضارة المعروفة منذ آلاف السنين، إلا أن قدماء المصريين لم يعرفوا «على وجه اليقين» من أين يأتى النهر بمائه، ولا أين تقع منابعه الحقيقية. وأثبتت الآثار التى تركوها أنهم كانوا يقومون برحلات مستمرة إلى الجنوب الداخلى وراء النوبة. واستكشفوا النهر من



جنوب الخرطوم حتى منطقة السدود العظمى . وهناك استحال عليهم التقدم صاعدين إلى منابع النهر فى المنطقة الاستوائية .

ج - رحلة النهر.. عبر الزمان..

ولنهر النيل ذاتية خاصة أعطته معالم شخصية يتميز بها عن غيره من الأنهار الكبرى فى العالم . فهو يمتد من الجنوب إلى الشمال فى استقامة غير عادية من الناحية النسبية، رغم وضوح عدد من ثنيات النهر فى السودان ومصر .

وجريان النيل على هذا النحو من الجنوب صوب الشمال يعطيه صفة فريدة بين أنهار القارة الأفريقية التى تجرى غالباً من الغرب إلى الشرق أو من الشرق إلى الغرب، والتى تقع غالباً فى منطقة مناخية واحدة.. أما النيل فيبدأ رحلته عند خط عرض ٣,٥ درجة جنوب خط الاستواء، وتستمر رحلته عبر ٣٤ درجة من الخطوط العرضية حتى تنتهى عند المصبين فى خط عرض ٣١ درجة شمال خط الاستواء .

هذه الرحلة الطويلة أعطت للنيل صفة جوهرية أخرى يتميز بها، وهى مروره على مناطق مناخية مختلفة، تبدأ بالمناخ الاستوائى فالمدارى فالصحراوى وتنتهى بمناخ البحر المتوسط . وكل منطقة من هذه المناطق لها طبيعة نباتية وبشرية تميزها عن بقية المناطق الأخرى، ومع ذلك فهى تشترك جميعاً فى رباط واحد، هو هذا النهر العظيم الذى يتيح لسكانها الحياة، متمثلة فى الماء والطعام ..

وقد قطع النيل هذه الرحلة الطويلة عبر ملايين السنين حتى وصل إلى شكله وتركيبه الحالى .. ومن الحقائق الجيولوجية أن النهر لم يكن دائماً فى شكله النهائى الذى نراه الآن .. بل غير النهر من شكله عدة مرات ..

ومن المعروف أن النيل قد غير مجراه عدة مرات بفعل عاملى النحر والترسيب .. وأن المجرى الرئيسى للنهر زمن بناء الأهرام كان أكثر قرباً نحو حافة الصحراء الغربية .. وكانت رأس الدلتا أيضاً تقع فى مكان أقرب مما هى عليه الآن .. وكانت مياه النيل -خصوصاً وقت الفيضان- تصل إلى حافة هضبة منف التى أقيمت فوقها الأهرام .





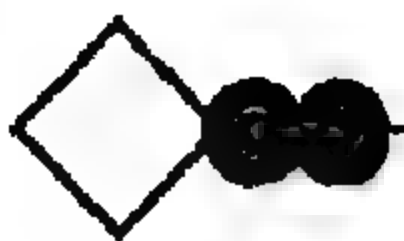
منظر عام للأهرام والنيل وقت الفيضان

د - وادى النيل:

نهر النيل هو مورد الماء الرئيسى لمصر، وهو قناة نقل الماء العذب الرئيسية التى تحمل الماء إلى الحقول. ويجرى النهر من الحدود المصرية السودانية (وادى حلفا، خط ٢٢-ش) إلى المصببات فى البحر المتوسط فى تدرج هين يقدر بحوالى متر واحد فى كل ١٢ كيلو مترا.

وكما ذكرنا سابقاً، يعتبر نهر النيل أطول أنهار العالم إذ يمتد حوالى ٦٦٩٥ كم من الجبال شرقى بحيره تنجانيقا وحتى البحر المتوسط وتقدر مساحة حوض النهر بحوالى ٣٠٢٦٠٠٠ كم^٢ (أكثر من ثلاثة ملايين كيلو متر مربع). وقد ارتبط نهر النيل فى أواخر العهد البلستوسينى بالأنظمة المائية فى النيجر وتشاد خلال بحيرات ضحلة.

معدل انسياب المياه فى نهر النيل حوالى ٨١٠٠ م^٣ / ثانية. وقد قدر أن ٨٤٪ من المياه التى تصل أسوان تأتى من منابع إثيوبيا (السوبات والنيل الأزرق وعطرة) و ١٦٪ من شرق أفريقيا الاستوائية (النيل الأبيض).



ولمجرى النهر جنوبى أسوان عدة سمات فريدة: (١) تكتنف مجرى النهر عند أسوان مجموعة من الجزر الجرانيتية (تعرف بالشلال الأول)، فى بعض هذه الجزر بقايا من الغابات النهرية كان لها انتشار واسع فى الماضى، واحدة من هذه الجزر محمية طبيعية. (٢) تمتد بحيرة خزان السد العالى (بحيرة ناصر) بتفرعاتها وامتداداتها فى مصبات الوديان ودلتاواها، ونشأت فى هذه الحواف بيئات وسط بين البيئة الصحراوية الجافة على جانب وبيئة الكتلة المائية على الجانب الآخر. هذه البحيرة الصناعية كيان بيئى ذو سمات خاصة. وإلى الشمال من القاهرة يتفرع النهر إلى فرع دمياط (شرقاً) وفرع رشيد (غرباً) وهما زراعا الدلتا الممتدان، كان للدلتا فى الماضى فروع عديدة، وكان الفرع الشرقى (البليوزى) يصل إلى شاطئ سيناء والفرع الغربى (الكانوبى) يصل إلى قرب الإسكندرية. وفى شمال الدلتا عدد من البحيرات (مريوط - إدكو - البرلس - المنزلة - البردويل). هذه كتل من الماء غير العذب تتلقى مياه الصرف الزراعى من سائر مناطق مصر وتخرج فائضها إلى البحر. هذه البحيرات بيئات رطبة ذات أهمية دولية خاصة (الطيور المهاجرة) وهى مصايد أسماك ذات أهمية اقتصادية لمصر (عن منشورات جهاز شئون البيئة - ١٩٩٥).

تعتبر دلتا النيل محطة هامة لملايين الطيور المهاجرة، ويبلغ طول دلتا النيل حوالى ١٧٥ كم واتساعها ٢٦٠ كم. ومنذ بناء السد العالى اختفى الفيضان وتلاشت معه مستنقعات عشب *Cyperus papyrus*.

الفيوم واحدة من منخفضات الصحراء الغربية، ولكنها تتميز عن المنخفضات الأخرى بأن لها صلة بنهر النيل عن طريق بحر يوسف، وهو فرع متعرج من النيل يقع فى مصر الوسطى. الفيوم واحدة ذات طابع خاص، ويذهب صرفها الزراعى إلى بحيرة قارون، وهى بيئة ذات أهمية بيئية وتاريخية. وفى السنوات الأخيرة تم تنفيذ مشروع قناة صرف لتحمل فائض الصرف الزراعى للفيوم إلى منخفضات الريان الواقعة إلى الجنوب، وقد نشأ عن ذلك بحيرتان صناعيتان.

جيولوجية نهر النيل بالغة التعقيد، وتطوره التاريخى القديم يتضمن مراحل متوالية من عدد من أحواض الأنهار المنفصلة. على أن النهر بنظامه المائى الحالى



(الفيضان الصيفى واتصال الأنهار إلى نظام موحد) يعتبر تطورا حديثا نسبيا حيث يرجع إلى ١٠-٢٠ ألف سنة (التنوع البيولوجى - دراسة عن مصر - نشرات الوحدة القومية للتنوع البيولوجى - جهاز شئون البيئة - مصر - ١٩٩٥).

هـ - الثروة البيولوجية (الإحيائية) لنهر النيل (عن منشورات جهاز شئون البيئة، ١٩٩٥)، الأوليات (حيوانات وحيدة الخلية).

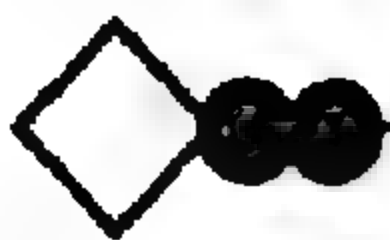
رغم الدور الحيوى والهام الذى تقوم به الأوليات فى البيئة المائية، إلا أنها لم تجد الاهتمام الكافى من الدراسات والبحوث البيئية فى مصر؛ ولذلك فإن معرفتنا عن الأوليات فى المياه العذبة بمصر تتمثل فى ثلاث شعبيات: اللحميات (سركونيا Sarcodina)، السويطات (Mastigophora)، والهدبيات (Ciliophora). والتى تنتشر أنواعها بطول نهر النيل وروافده كذلك معظم بحيرات مصر الساحلية والداخلية.

العجليات (الروتيفرا):

تنتشر العجليات فى معظم المياه العذبة بمصر فى نهر النيل وروافده والمصارف والقنوات المائية، بالإضافة إلى البحيرات الشمالية والداخلية. والجدير بالذكر أن العجليات من أهم مكونات الهائمات الحيوانية (Zooplankton) فى المياه المصرية إذ تعتبر غذاء أساسيا للكثير من صغار الأسماك والياقة منها. وقد تم تسجيل حوالى ١١٨ نوعا فى المياه المصرية. منها ٤ أنواع تم تسجيلها فى معظم المجارى المائية العذبة والبحيرات.

الديدان الحلقية (الحلقيات):

تسمى حلقيات المياه العذبة بمصر إلى فصيلتين: قليلات الأشواك (Oligochaeta)، والعلقيات (Hirudinea)، ومن المعروف أن الغالبية العظمى لقليلات الأشواك تقطن اليابسة، وعددا قليلا منها يعيش فى الماء وعلى وجه الخصوص المياه العذبة. ويوجه عام يعتبر معظم العلماء الحلقيات التى تعيش على اليابسة - والتى توجد دائما بالقرب من المياه العذبة أو فى تربة رطبة - من الأحياء



المائية . ومن المعروف أن ديدان الأرض تعمل على زيادة خصوبة التربة التى تعيش فيها بما تضيفه لها من إفرازات عضوية كما تعمل على تقليب وتهوية التربة . والديدان قليلة الأشواك التى تعيش فى المياه العذبة تقوم بدور هام فى تفتيت النباتات الخضراء وتحولها إلى كتل نباتية دقيقة تكون غذاء للكثير من الأحياء المائية .

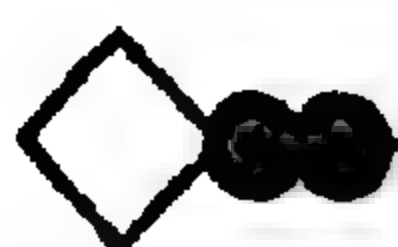
القشريات:

إن أهم مجاميع القشريات التى توجد فى المياه العذبة تنتمى إلى مجموعتين رئيسيتين : متفرعة القرون (الكلادوسيرا Cladocera) ومجدافية الأقدام (الكوبيبoda Copepoda). وتعتبر الكلادوسيرا من أكبر مجاميع القشريات فى عدد الأنواع، حيث يكون التباين واضحاً فى الحجم والتركيب والبيئة، وهى تعيش أساساً بين الحشائش المائية، حيث تتعلق بالنباتات والطحالب .

وتوجد الكلادوسيرا فى بيئات المياه العذبة المختلفة كالأنهار والبحيرات والبرك والترع والمصارف وغيرها . وعادة تحتوى البحيرات والبرك عدداً أكبر من الأنواع منها فى الأنهار . وقد وجد أن المناطق الضحلة الغنية بالحشائش المائية والتى تتميز بمستوى مياه ثابت فى البحيرات، تكون غنية فى عدد الأنواع . وثمة العديد من الأنواع التى توجد بالقرب أو فى الطين فى القاع، وإن كانت غير متأقلمة للمعيشة فى الطين . وقد وجد أن المنطقة الشاطئية من البحيرات الداخلية تحتوى على جماعات من الكلادوسيرا تكون ذات كثافات عالية فى الأفراد، ولكنها تحتوى على عدد محدود من الأنواع .

وتعتبر الكلادوسيرا ذات قيمة اقتصادية هامة فى سلسلة الغذاء فى المياه العذبة حيث أنها ومجدافية الأقدام من العوامل الهامة لتحويل الكائنات الدقيقة والطحالب صغيرة الحجم إلى غذاء مناسب للحيوانات المائية . وهى نفسها تستخدم كغذاء للأسماك فى أطوارها المبكرة .

وقد أمكن تسجيل ٤٣ نوعاً من الكلادوسيرا (متفرعة القرون) تنتمى إلى ٢٣ جنساً، تقطن نهر النيل والبحيرات الشمالية والداخلية .



رتبة الأكارينا-الأكاروسات (الحلم)

يعتبر حلم المياه العذبة جزءا هاما من الفونة المائية حيث يمكنه المعيشة فى أنواع متباينة من البيئات من برك ساكنة، إلى أنهار جارية حتى يمكن لبعض أنواعها أن توجد فى ينابيع المياه الحارة أو حتى البرك المتجمدة. ويعتبر الحلم الذى يعيش سواء فى المياه العذبة أو حتى على الشواطئ المائية كلها أنواعا مائية. ومن الجدير بالذكر أن معظم أنواع الحلم تتطفل على الكائنات الأخرى على الأقل خلال بعض أطوارها اليرقية، وإن لم تقض كل دورة حياتها متطفلة.

والكثير من يرقات الحلم تتطفل على الحشرات والرخويات ذات المصراعين، والأسفنج والأسماك وغيرها. كما أن العديد من أنواع الحلم ترتبط بيولوجيا ببعض أنواع الرخويات: مثل نوعى الصدف يونو *Unio* والأنودونتا *Anodonta* (وهما نوعان شائعان فى المياه العذبة المصرية) حيث تكون تلك الأنواع المكان المناسب لوضع بيض بعض أنواع الحلم التى يتم فيها نمو الأطوار اليرقية الأولى غير الناضجة. ومع ذلك فإن طور الحورية لمعظم أنواع حلم المياه العذبة يكون طليقا يتغذى على الحيوانات الأخرى.

الرخويات (ذات المصراعين، والقواقع)؛

تعتبر رخويات المياه العذبة فى مضر من أهم مجموعات الحيوانات المائية التى تمت دراستها منذ وقت طويل، حيث تناولت الدراسات الكثيرة العديد من النواحي البيولوجية لرخويات المياه العذبة، وعلى وجه الخصوص أنواع الرخويات التى تعمل كعائل وسيط لمرض البلهارسيا مثل نوع البولينوس *Bulinus sp.* والبيومسفلاريا *Biomphalaria spp.* وكذلك نوع ليمنيا *Lymnaea* الذى يعمل كعائل وسيط للعدوى الكبدية فى الماشية والأغنام، وفى السنوات الأخيرة فى الإنسان. وتنتشر الرخويات على طول مجرى نهر النيل فى مصر وكذلك فى البحيرات الساحلية والداخلية والترع والمصارف. وهى تفضل المعيشة بين النباتات المائية وفى القاع الطينى.

أما طائفة ذوات المصراعين *Bivalvia* فى المياه العذبة المصرية، لم تلاق نفس الاهتمام فى الدراسة مثل البطنقدميات، ومعرفتنا عنها قليلة، وربما يرجع ذلك إلى



عدم أهميتها من الناحية الاقتصادية أو الطبية. وقد أمكن تسجيل ١٣ نوعا من ذوات المصراعين التى توجد فى نهر النيل والترع والمصارف وبحيرات المياه العذبة الداخلية.

الأسماك العظمية:

لقد تعرض نهر النيل فى العقود الأخيرة من القرن العشرين إلى تغيرات بيئية ملحوظة، أدت إلى تغيرات جذرية فى صفاته الطبيعية والكيميائية مما سبب تغيرا فى نظامه البيئى وانعكس ذلك على التغيرات فى التنوع البيولوجى للأحياء التى تعيش فيه. وفى مصر أدى بناء السد العالى فى منتصف الستينيات إلى تغيرات جذرية فى النهر، كما تسببت النهضة الصناعية التى تمثلت فى إقامة الكثير من المصانع على ضفاف النيل إلى تلوثه المستمر، بالإضافة إلى تكثيف الصرف الصحى والزراعى مما كان له أكبر الأثر فى التغيرات فى نوعية المياه وكذلك فى الأحياء التى تعيش فيه. كما أدت ممارسة الرى المستديم ومنع مياه الفيضان من غمر أراضى الحياض التى كانت تعتبر من أهم مراعى الأسماك النيلية حيث الظروف مناسبة والغذاء وفير للكثير من أنواع الأسماك النيلية، كل ذلك أدى إلى تغيرات فى فونة النيل (مجموعة الحيوانات التى تعيش فى مجرى النهر أو ترتبط به) وبالأخص الأسماك العظمية من أنواع تناسب المياه الجارية إلى أنواع يمكنها أن تعيش فى مياه ذات سرعة بطيئة وهو الحال فى النيل وكانت نتيجة تلك التغيرات اختفاء أعداد كبيرة من الأسماك النيلية والتى أصبحت نادرة ولا توجد إلا فى جنوب بحيرة السد العالى. بينما أنواع أخرى من الأسماك قد حدث لها انخفاض ملموس فى مصائدتها.

وقد كان بولينجير ١٩٠٧ Boulenger أول من أجرى دراسة كاملة على الأسماك النيلية فى مصر حيث ذكر أن العالم لوت Loat هو أول من سجل ٨٥ نوعا من الأسماك التى تعيش فى النيل فى مصر. أما الأنواع التى تم تسجيلها حاليا فهى ٧٠ نوعا تقع تحت ١٦ فصيلة، ٤٩ جنسا. وأن ٧٠٪ من الأنواع تنتمى إلى ثلاث فصائل هى: البلطية Characindae، الشبوطية Cyprindae، السيلورية

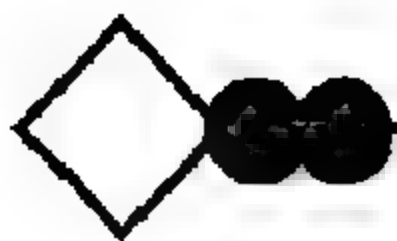


(القطية) Siluridae. وقد وجد أنه من بين الـ ٨٥ نوعاً من الأسماك العظمية التي تم تسجيلها في أوائل القرن الحالى. أن هناك ١٥ نوعاً قد انقرضت ولم يسجل وجودها منذ ٥٠ عاماً على الأقل. بالإضافة إلى أنه بسبب تغير طبيعة النهر بسبب إنشاء السدود فقد أصبحت معظم الأسماك النهرية (والتي تناسبها طبيعة الأنهار سريعة الجريان) وعددها ٥١ نوعاً قد أصبحت نادرة ولا تمثل إلا نسبة ضئيلة من الأسماك. وعموماً فإن عدد الأنواع الشائعة هي ١٥ نوعاً وهي التي تتكون منها النسبة العالية للمصيد من الأسماك. وأن الأسماك البلطية (Cichlids) ومنها أربعة أنواع مسجلة في نهر النيل وهي البلطى النيلي Oreochromis niloticus، والبلطى الجاليلى Sarotherodon Galilaeus، والبلطى الأخضر Tilapia zillii، والبلطى الحسائى (الأبيض) Oreochromis aureus، وهي التي تمثل أعلى نسبة من المصيد من المياه العذبة والبحيرات الداخلية. ويساهم البلطى النيلي بحوالى ٣٥٪ من المصيد الكلى للمياه الداخلية. وخلال عام ١٩٩٣ ساهم هذا النوع بحوالى ٥٠، ٧٠، ٦٥، ٧٣، ٦٨٪ من المصيد الكلى لنهر النيل، وبحيرات المنزلة، وناصر، ومريوط ووادى الريان على التوالى. ومن الجدير بالذكر أن نوع البلطى النيلي في بحيرات المنزلة وناصر هو سلالة نقية وقد استقدمت في كثير من دول العالم لما لها من صفات فريدة سواء في معدل النمو، أو التوالد.

الزواحف والبرمائيات:

إن الزواحف والبرمائيات ليست ممثلة بالعديد من الأنواع في النيل. فقد تم تسجيل ٤ أنواع من الزواحف المائية التي تنتمى إلى ٤ فصائل. ثلاث منها أصبحت نادرة، بينما نوع واحد وهو الترسة النيلية قد اختفى تقريباً.

وقد تم تسجيل ٧ أنواع من البرمائيات تنتمى إلى ٣ فصائل، ٤ أجناس هي: البوفو Bufo، الرانا Rana، الهيلا Hyla، البتيكدنا Ptychadena. ثلاثة من هذه الأنواع هي الأكثر شيوعاً بينما الأربعة الأخرى نادرة (المعلومات عن جهاز شئون البيئة - ١٩٩٢، ١٩٩٥).



جدول (٥): حيوانات المياه العذبة في مصر (جهاز شئون البيئة - ١٩٩٥)

	عدد العائلات	عدد الأجناس	عدد الأنواع	الوضع		
				شائع	نادر	منقرض
الأوتيات	٦٤	٨٩	١٤١	٤٢	٩٩	—
العجليات	١٥	٤٣	١١٨	؟	؟	—
الحلقيات						
قليلة الشواك	٧	١٤	٢٢	١٤	٨	—
العلقيات	٤	٩	١٩	٨	١١	—
القشريات						
كلادوسيرا	٧	٢٣	٤٣	؟	؟	—
كوبيبودا		٣١	٤٧	؟	؟	—
الحلم	٣٧	٥٣	٤٨	؟	؟	—
رخويات						
البطن قدميات	١٣	٢٢	٢٨	١٦	١٢	—
ذوات المصراعين	٤	٨	١٣	٨	٤	١
أسماك عظمية	١٦	٤٩	٨٥	١٥	٥٥	١٥
برمائيات	٣	٤	٧	٣	٤	—
زواحف	٤	٤	٤	—	٣	١

و- نهر النيل - المصدر الرئيسى للمياه فى مصر

يعتبر نهر النيل المصدر الرئيسى لمياه الشرب والرى فى مصر حيث يمد نهر النيل مصر بأكثر من ٥٥ بليون متر مكعب سنوياً أما المياه الجوفية فتعطى حوالى ٢,٥ بليون متر مكعب سنوياً، من النسبة الأخيرة (٢,٥ بليون متر مكعب) حوالى ٢ بليون متر مكعب يصل إلى المياه الجوفية من خلال النيل، وبصفة عامة فإن نهر النيل يمد مصر بحوالى ٩٨٪ من احتياجاتها من الماء، ومع ارتفاع استهلاك المياه سوف تضطر مصر إلى الاعتماد على مصادر غير متجددة (المياه الجوفية) لسد احتياجاتها أو لتحلية مياه البحر وهذه التقنيات عالية التكلفة (منشورات جهاز شئون البيئة عام ١٩٩٢) ومن ثم فإن المصادر المتجددة حالياً (نهر النيل) يجب أن تدار بحذر شديد وبأسلوب علمى حتى تتواءم مع الزيادة فى احتياجات الماء.

إن مصر تعتمد تماماً على ماء النيل، ومن ثم فإنها تستخدم نفوذها الإقليمى لإيقاف أى تهديد يمس نصيبها من المياه (Singh et al, 1999 Ecosystem Health : ٢٦٥-٢٧٤).

والجدول التالى (جدول ٦) يوضح تزايد الاستهلاك لمياه النيل.

جدول (٦) الاستخدام السنوى للمياه (مليون متر مكعب سنوياً)

(عن منشورات جهاز شئون البيئة عام ١٩٩٢).

السنة			كم الماء المستخدم من النيل (أكثر من ٩٨٪)
٢٠٠٠	١٩٩٠	١٩٨٠ - ١٩٨٦	
٥٧,٥	٥٤	٥٧,٤	الاستخدام
١,٨	٠,٧	٠,٤	الصناعة
٣,١	٢,٤	١,٨	استخدام منزلى
٤٥,٩	٣٦,٨	٣٥,٨	الزراعة والبخر
٦,٩	١٤,١	١٩,٤	ماء مهدر (البحر) وصرف غير معالج

قياس جودة المياه

يتم ذلك عن طريق عدة جهات لا يوجد بينها تنسيق تام (منشورات جهاز شئون البيئة عام ١٩٩٢) ومنها المركز القومى للبحوث، وزارة الصحة، مركز بحوث المياه الجوفية.

ز- حالة المياه فى نظام نهر النيل،

بحيرة ناصر: طبقاً لأحد تقارير جهاز شئون البيئة تعتبر مياه بحيرة ناصر جيدة، وتجدر الإشارة إلى أن حماية نهر النيل من التلوث يجب أن تبدأ من بحيرة ناصر حيث إن جودة مياه النهر تعتمد على جودة مياه بحيرة ناصر التى تصل خلال السد العالى. وبالرغم من أن بحيرة ناصر تعتبر جيدة بصفة عامة إلا أن إدارتها ضرورية بشكل علمى، فعلى سبيل المثال يصل عمق البحيرة فى بعض الأجزاء إلى ١٣٠ متراً وهذا العمق يؤدي إلى ضعف نسبة الأكسجين فى الطبقات العميقة من الماء حتى يصل تركيز الأكسجين إلى صفر فى بعض الأعماق، وتلك الحالة تعرف بأنها حالة «لا هوائية» تسمح بنمو كائنات ميكروبية غير مرغوبة ولتلافي ذلك يجب ضرورة الحفاظ على أن لا تتعدى المواد العضوية والمغذيات نسب معينة فى البحيرة.

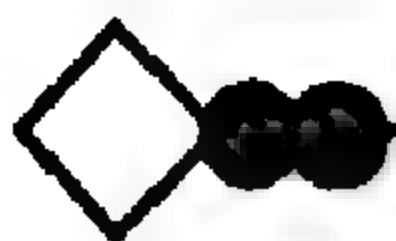
مياه نهر النيل: ذكرنا سابقاً أن كفاءة مياه النهر ترتبط بشكل مباشر بكفاءة مياه بحيرة ناصر، ومن القياسات المستخدمة لتحديد درجة تلف المياه: درجة الحرارة، درجة تركيز أيونات الهيدروجين (الأس الهيدروجينى)، نسبة الأكسجين الذائب، النسبة الكلية للأملاح المذابة، الجزيئات المعلقة، الفوسفات، النترات، الأمونيا، درجة التعكير، والزئبق والمواد الصلبة، (BOD- Biochemical oxygen demand) وهو كم الأكسجين الذى سوف يستخدم إذا تمت أكسدة جميع المادة العضوية فى حجم معين من الماء بواسطة البكتيريا والكائنات الأخرى، (Chemical Oxygen Demand-COD)، وغير ذلك.



مصادر تلوث مياه نهر النيل:

مخلفات الصناعة: يوفر نهر النيل ٦٥٪ من احتياجات الماء للصناعة، ويستخدم النشاط الصناعى فى القاهرة والإسكندرية حوالى ٤٠٪ من تلك الكمية ويستقبل نهر النيل حوالى ٥٧٪ من مخلفات المياه الصناعية (منشورات جهاز شئون البيئة عام ١٩٩٢). وقد ذكر أحد تقارير جهاز شئون البيئة عام ١٩٩٢ أن إجمالى كم (BOD) الذى ينتج عن الصناعة يبلغ ٢٧٠ طنا/يومياً وتلك الكمية تعادل فضلات مائية غير معالجة لسته ملايين فرد، ويعزى الكم الكبير من مخلفات (BOD) الناتج من الصناعات الغذائية إلى مصانع السكر الواقعة بين أسوان والقاهرة حيث قدر عام ١٩٨٠ أنها تلقى كمًّا من (BOD) يعادل ٤٩٠ طناً يومياً، ومن أهم المناطق الصناعية التى تؤثر بشكل مباشر على النيل:

- مصانع كيما.
 - مصانع السكر فى كوم أمبو، أدفو، قوص، دشنا، نجع حمادى.
 - مصانع الزيوت والصابون فى سوهاج.
 - مصانع تجفيف البصل بسوهاج.
 - مصانع الأسمت والأسمدة فى أسيوط.
 - المنطقة الصناعية بحلوان وجنوب القاهرة، ومصانع الكيماويات والحديد والصلب والفزل والنسيج.
 - المناطق الصناعية بشبرا الخيمة وأبو زعبل.
 - المنطقة الصناعية بكفر الزيات والتى تنتج الأسمدة والكيماويات.
 - مصانع الإسكندرية والتى تصب فى ترعة المحمودية وبحيرة مريوط.
- مخلفات الزراعة: تبلغ مساحة الأراضى المزروعة فى مصر أكثر من ٧ مليون فدان وتحتوى مياه الصرف الزراعى على بقايا المبيدات والأسمدة وتصل تلك



المخلفات عن طريق دورة المياه المعروفة فى الطبيعة إلى مياه النيل والبحيرات وأيضاً المياه الجوفية حيث تتسرب الميادات وبقاياها الذائبة فى مياه الصرف الزراعى إلى الأنهار والترع والمياه الجوفية (محمد محمد الشاذلى، على على المرسى (٢٠٠٠).

المواصلات النهرية: تؤثر عمليات النقل البحرى والأنشطة السياحية على كفاءة مياه نهر النيل (جدول ٧) بالرغم من أن التلوث الناتج عن عمليات النقل أقل من التلوث الناتج عن مخلفات الزراعة والصناعة إلا أن الاستخدام المتزايد لوسائل النقل النهري للانتقال والترفيه سوف يؤدى إلى الإضرار بمياه النيل، وتجدر الإشارة إلى ضرورة معاملة مخلفات السفن، كما أن بعض الحوادث النهرية المفاجئة يمكن أن تحدث مستويات عالية من التلوث.

جدول (٧)

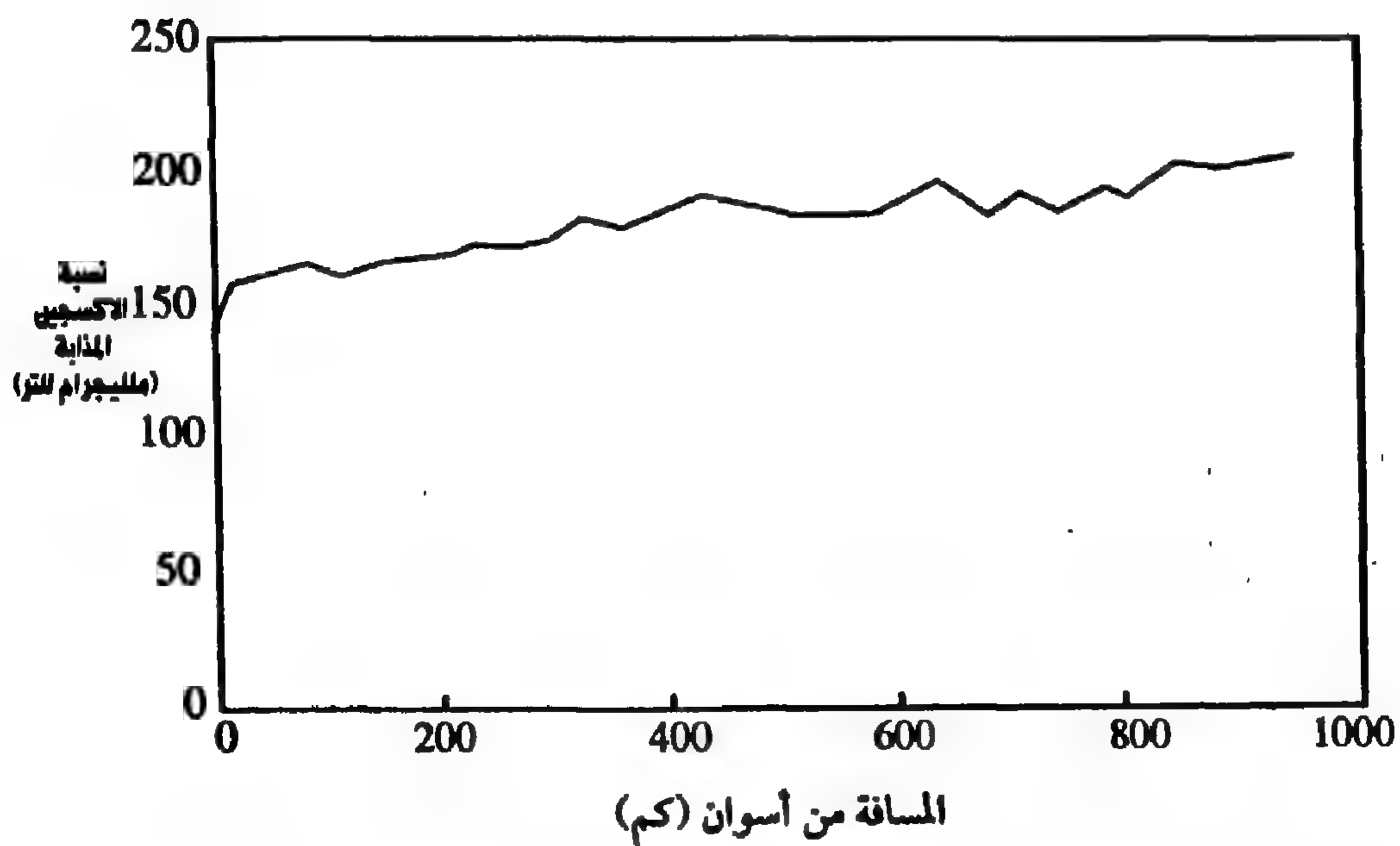
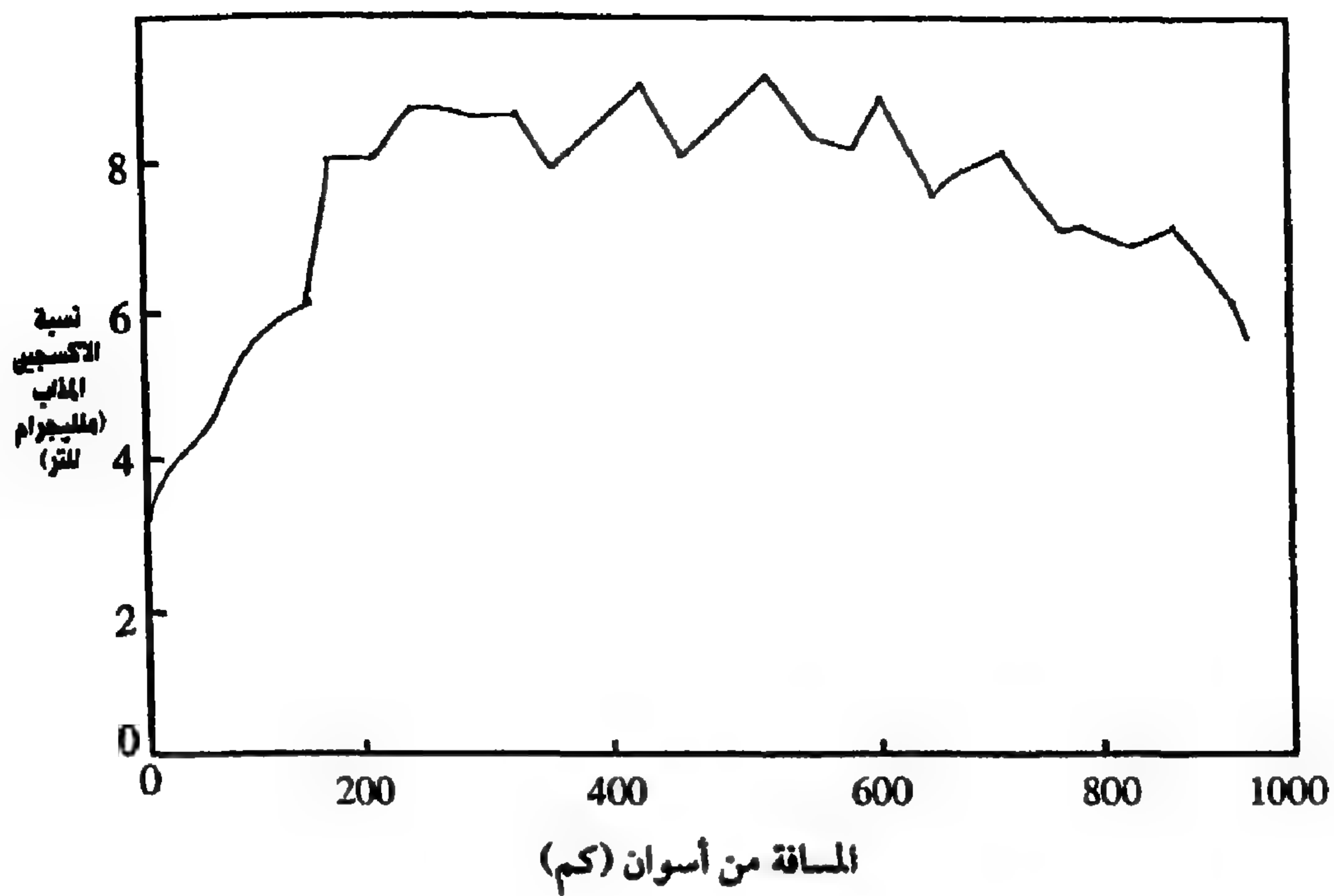
استخدام النيل للنقل والرفاهية (عن منشورات جهاز شئون البيئة ١٩٩٢)

عدد الوحدات	الاستخدام
٢٥١	سفن ومراكب للسياحة والرفاهية (الأقصر وأسوان غالباً).
٣١٣٨	قوارب نقل عام.
١٨٩٣	سفن للنقل التجارى.
٤٠٠٠	قوارب شراعية.
٣٦	عائمات (منازل عائمة على النيل).
٩٣١٨	الإجمالى.

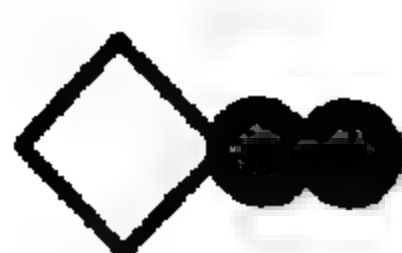
وقد لاحظ العديد من الباحثين أن درجة التلوث ترتفع في مياه النيل كلما اتجهنا شمالا، ويوضح شكل (١) أن نسبة الأملاح المذابة تقل عن ١٥٠ ميللجرام للتر عند أسوان وترتفع لأكثر من ٢٠٠ ميللجرام للتر على بعد ١٠٠٠ كيلو متر من أسوان، أما جدول (٨) فيؤكد على أنه في عام ١٩٨٩ فاز نهر النيل بنصيب الأسد من المخلفات الصناعية السائلة كما أوضح جهاز شئون البيئة في مصر (EEAA).

جدول (٨) أماكن التخلص من المخلفات السائلة عام ١٩٨٩ (الأرقام مقدرة بمليون متر مكعب سنويا - عن جهاز شئون البيئة - ١٩٩٢، ١٩٩٣).

المنطقة	نهر النيل	الترع والقنوات	قنوات الصرف	البحيرات	الإجمالي	عدد المصانع
مصر العليا	١٩٢	٥	٢	٥	٢٠٤	٣٥
القاهرة	٨٠	٢١	٢٠	٧	١٢٨	١٢٦
الدلتا	٢٧	٨٥	١٣	١	١٢٦	٦٠
الإسكندرية	١٣	٧	٣٣	٣٥	٨٨	٨٥
محافظة أخرى	٠	٠	٣	١	٤	٢٤
الإجمالي	٣١٢	١١٨	٧١	٤٩	٥٥٠	٣٣٠



شكل (٤): تغير نسبة الأكسجين المذاب وارتفاع نسبة الأملاح الذائبة في مياه نهر النيل مع الابتعاد عن أسوان (عن جهاز شئون البيئة عام ١٩٩٢).



ويعطى جدول (٩) مثالا على التلوث بالمخلفات الصناعية.

جدول (٩): مخلفات المياه الصناعية وحمل التلوث الناتج منها (طن يوميا): عن

جهاز شؤون البيئة عام ١٩٩٥.

المنطقة	معدل انسياب	BOD	COD	زيوت	SS	TDS	HM
مصر العليا	٢٠٤	٧٢	٣٧	٥	٦٨	٥٣٢	٠,٢٠
القاهرة	١٢٨	٧١	١٢٠	٩٣	٩٧	١٣٥	٠,٧٥
الدلتا	١٢٥	٣٤	٤٢	٢٤	٨٦	٢٢٤	٠,٥٠
الإسكندرية	٨٨	٩١	١٨٦	٤٥	٤٠	٢٤٦	٠,١٧
محافظات أخرى	٥	٢	٣	١	٥	١٥	٠,٠٣
إجمالي	٥٥٠	٢٧٠	٣٨٨	١٦٨	٢٩٦	١١٥٢	١,٦٥
صناعة	معدل انسياب	BOD	COD	زيوت	SS	TDS	HM
كيميائية	٩٨	٢٦	١٧٨	٢٣	٣٣	٢٤١	٠,٩٤
غذائية	٢٧٧	١٨٢	١٤٢	١١٠	١٦٨	٦٦٦	٠,١٧
غزل ونسيج	٨٨	٣٩	٤٧	٢٤	٦٤	١٩١	٠,٣٠
هندسة	١٢	٥	٧	٢	٣	١٣	٠,٠٣
مناجم	٦٠	١٥	١٤	٨	٢٤	٢٩	٠,٢٠
معادن	١٤	٣	٠	١	٤	١١	٠,٠١
إجمالي	٥٤٩	٢٧٠	٣٨٨	١٦٨	٢٩٦	١١٥١	١,٦٥

جزيئات معلقة: SS أكسجين كيميائي: COD أكسجين بيولوجي: BOD

مواد صلبة (عسرة لا تذوب في الماء): HM إجمالي الأملاح الذابة: TDS



البقع السوداء (Black spots):

حددت إحدى دراسات جهاز شئون البيئة مجموعة من البقع السوداء فى مصر وهى مناطق شديدة التلوث وتلك البقع هى:

(١) بحيرة مريوط التى تعاني من تلوث حاد بسبب المخلفات الزراعية والصناعية ومخلفات الصرف الأدمى.

(٢) بحيرة المنزلة التى تقع تحت خطر شديد نتيجة تراكم عناصر المعادن الثقيلة بالرغم من استخدامها للمصيد.

(٣) منطقة شبرا الخيمة والقليوبية التى تعاني من مخلفات صناعية غير معالجة.

(٤) مناطق شرق القاهرة.

(٥) غرب القاهرة وخاصة مناطق زنين وأبو رواش.

(٦) فرع دمياط حيث يذكر تقرير جهاز شئون البيئة تدهور مستوى مياه النهر بدرجة عالية نتيجة المخلفات الصناعية ومخلفات المناطق السكنية ومخلفات الصرف الزراعى (على الأخص منطقة زفته).

(٧) فرع رشيد وبخاصة منطقتى كفر الزيات حتى إدفو نتيجة مخلفات الصرف الزراعى من مبيدات وأسمدة بالإضافة إلى مخلفات الصناعة التى تصل إلى مجرى النهر.

(١) التلوث الميكروبي (البكتيرى):

نتيجة لضعف المعالجة ارتفع تركيز الكثير من أنواع البكتيريا الضارة فى نهر النيل وفرعيه وترتفع نسبة البكتيريا فى نهر النيل بشكل ملحوظ عن النسبة المسموح بها عالميا وتلك البكتيريا الممرضة يمكن أن تسبب العديد من الأمراض للإنسان، ويرى علماء البيئة ضرورة معالجة مياه الصرف بشكل كاف حتى لا ترتفع معدلات البكتيريا الممرضة فى مياه نهر النيل.



(٢) المبيدات الحشرية:

تم رصد تركيزات عالية من المبيدات الحشرية فى النيل وفرعيه، وعلى سبيل المثال تجاوز تركيز مبيد الـ DDT ومبيد اللندان عشرة أضعاف النسب المسموح بها فى بعض الدول الأوروبية، ومع زيادة النشاط الزراعى يتوقع أن ترتفع تركيزات تلك المبيدات فى المستقبل، وفضلا عن أضرار المبيدات الناتجة عن استخدام المياه فى الشرب، فإنها تتراكم فى أجسام الأسماك التى تتغذى عليها حيث يرتفع تركيزها فى سلاسل الغذاء حتى تصل إلى أعلى تركيز فى الأسماك التى تستعمل كغذاء فيما يعرف بظاهرة التعاظم البيولوجى (محمد محمد الشاذلى ٢٠٠٠). ويتطلب علاج تلك المشكلة مراجعة أنواع المبيدات المستخدمة فى مصر والبحث بشكل جاد عن حلول بديلة لمقاومة الآفات.

(٣) المعادن الثقيلة:

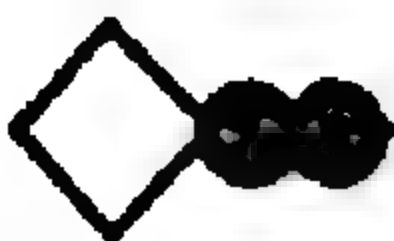
تم تسجيل تركيزات عالية من المعادن الثقيلة (أضعاف النسب المسموح بها عالميا) فى فرعى النيل وخاصة قرب الإسكندرية وبحيرة المتزلة حيث أوضحت الدراسات أن الكاديوم والنحاس والزنك أعلى من النسب المسموح بها عالميا. كما سجلت أيضا نسب عالية من الزئبق فى الإسكندرية.

(٤) الصحة العامة:

سجل عدد كبير من الأمراض الناتجة عن شرب مياه غير نقية فى مصر، ومن المعروف أن الملوثات والسموم مثل المعادن الثقيلة والمبيدات تؤثر بشكل مباشر على صحة الإنسان.

الحد من التلوث وآثاره:

يوجد فى مصر وزارة وجهاز لشئون البيئة، وقد وضعت العديد من القوانين التى تكفل حماية نهر النيل من التلوث، كما توجد أيضا التشريعات التى تكفل مراقبة جهاز شئون البيئة ووزارة البيئة، كما أن هناك العديد من الإجراءات لمراقبة النهر ورصد حالته بشكل مستمر، ولكننا نؤكد على أن القوانين لا تطبق فى جميع الأحوال وعلى أن بعض التجاوزات مستمرة. إن الجيل الحالى هو المسئول عن



تسليم نهر نظيف للأجيال القادمة، فنحن الذين أسأنا إلى النهر، فالنشاط الصناعي وتعظيم استخدام الميادات والتوسع السياحي والعمراني غير المخطط قد بدأ بالأمس القريب، منذ حوالي ٥٠ عاما فقط. إن عدم تطبيق القوانين بكل حسم مع جميع المنشآت الصناعية والسياحية وبلا استثناء والحد من استخدام الميادات غير الآمنة التي تسرب إلى مياه النهر قد يؤدي إلى أضرار بيئية من الصعب معالجتها، وأخيراً نرجو أن لا يكون الفساد قد تسرب إلى ماء النيل حاملاً معه كوارث بيئية لا تستطيع أن تتحملها الأجيال القادمة.

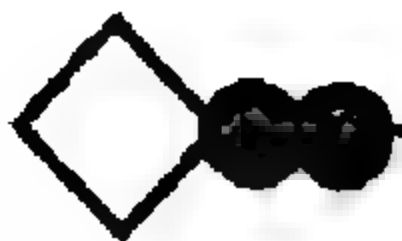
ارتفاع مستوى البحر

نظراً لتغير مناخ الكرة الأرضية فقد تنبأ بعض الباحثين (El-Raey et al, 1999: 59-77 Environmental monitoring and assessment) بأن ارتفاع مستوى سطح البحر لمسافة ٥٠ سم سوف يؤدي إلى تغطية المياه لمقدار ٢٦٪ من مساحة رشيد. ، هناك جهود تبذل لمنع تآكل حواف النهر عن طريق تبطين الجوانب بالصخور (Baha El Din, 1999- Palm Press, Cairo Egypt).

السد العالي وبحيرة ناصر

تعتمد مصر، كما ذكرنا سابقاً، اعتماداً أساسياً على مياه النيل، وقبل بناء السد العالي في أسوان كان ماء الفيضان الذي قد يصل إلى آلاف الملايين من الأمتار المكعبة من الماء سنوياً، وقد توقف الفيضان في منتصف الستينيات مع إتمام مشروع السد العالي، حيث أمدت بحيرة ناصر مصر بأكثر من ٤٠٪ من احتياجاتها من الطاقة الكهربائية.

تعتبر بحيرة ناصر أكبر بحيرة صناعية في العالم، وتقع بين خطي عرض ٢٢م و ٢٣,٥٨م شمالاً في مصر وتمتد في الحدود السودانية حتى خط عرض ٢٠ شمالاً. ويبلغ إجمالي مساحة البحيرة حوالي ٥٠٠٠ كيلو متر مربع وتمتد لمسافة ٥٠٠ كيلو متر جنوباً داخل حدود السودان. وتبلغ الطاقة التخزينية لبحيرة ناصر نحو مائة وستين ألف مليون متر مكعب من الماء (أكثر من مليار ونصف المليار متر مكعب من الماء). وصلت بحيرة ناصر إلى كامل طاقتها التخزينية في بداية الثمانينيات وحمت البحيرة والسد العالي مصر من الجفاف (عن منشورات جهاز



شئون البيئة) حيث أمدت البحيرة مصر بكامل احتياجاتها من مياه الشرب والرى والصناعة وغيرها من الاستخدامات خلال سنوات الجفاف، ومن ثم فإن مشروع السد العالى هو أعظم إنجازات القرن العشرين التى تمت فى مصر. إن مشروع السد العالى يعتبر إنجازاً قومياً بجميع المقاييس إذا ما قورن بإنجازات دول غيرنا فى مجالات التكنولوجيا النووية أو تكنولوجيا الفضاء أو غيرها، حيث كان السد هو الدرع الواقى ومظلة الحماية التى واجهت كارثة فوق طاقة البشر. وبالرغم من ذلك إلا أن هناك بعض الآثار السلبية للسد العالى على نهر النيل والبيئة عموماً - ولكن تلك الآثار يمكن تجنب الكثير منها من خلال الإدارة البيئية الجيدة للبحيرة والسد ومجرى النيل ودلتاه، وتلك الآثار لا تقارن على أى حال، بما أعطاه وماسوف يعطيه هذا المشروع العملاق ويمكن تلخيص تلك الآثار فيما يلى:

١- منع ترسيب ٧٣ إلى ٩١ طن مترياً من الترسبات التى كانت تحمل مع الفيضان واحتفظت بالدلتا كما هى على مدى آلاف السنين. وقد أدى منع الترسيب الناتج عن الفيضان إلى زيادة معدلات تآكل أراضي الدلتا بمياه البحر. إذ يقدر النحر السنوى بمقدار متر واحد أو أكثر (Broadus et al., 1986: Vol. 4. Sea level Rise, UNEP, EPA, October).

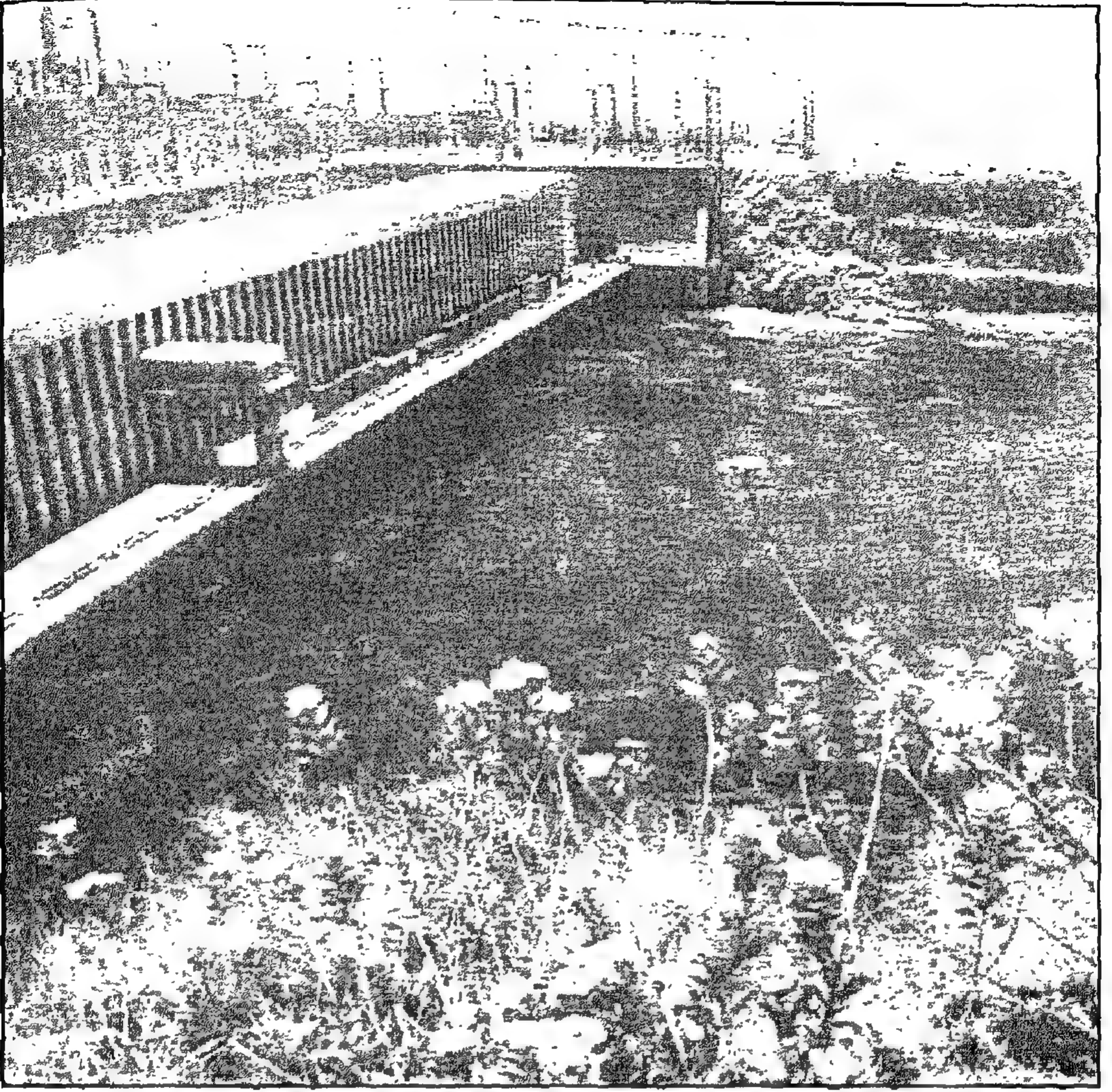
وطبقاً لتوقعات ارتفاع متوسط درجة الحرارة على مستوى الكرة الأرضية والذي سوف يؤدى إلى ارتفاع مستوى المياه بالبحار جنباً إلى جنب مع تأثير السد المذكور فى الفقرة السابقة، فإن السيناريوهات المتوقعة يمكن تلخيصها فيما يلى:

يرتفع مستوى سطح البحر لمسافة تقدر بين ١ إلى ٣ أمتار على مدى المائة سنة القادمة وسوف يؤدى ذلك إلى إهدار كم من الأرض يتراوح عدد سكانها بين ثمانية إلى عشرة ملايين مواطن، وسوف يمتد التأثير على بحيرات إدكو ومريوط والبرلس والمنزلة التى تحمى مؤقتاً بالكثبان الرملية الساحلية، بالإضافة إلى التأثيرات السلبية على الحياة البرية والثروة السمكية المتحصل عليها من تلك البحيرات.

(٢) تأثيرات بيئة أخرى للسد العالى: ويمكن تلخيص بعضها فيما يلى:

أ- نقص الإمداد بالطمي والمواد المغذية للتربة فى مياه نهر النيل، بالإضافة إلى ضعف إنتاج السردين فى المناطق الساحلية بالدلتا.





صورة للسد العالي (عن Hall Stiling, P, 1996-Prentice)

ب- زيادة معدلات الإصابة بمرض البلهارسيا نتيجة نظام الري الدائم حيث كان الفيضان يعمل على إزالة بيئات القواقع العائل الوسيط للمرض وكانت فترة الجفاف السنوية تقتل القواقع.

ج- اختفاء بعض أنواع النباتات وانتشار أنواع من النباتات البرية الضارة.

د- أدى استخدام الري الدائم إلى ارتفاع منسوب المياه الجوفية وأيضاً إلى زيادة ملوحة التربة.

هـ- ارتفع معدل نمو ورد النيل والأعشاب المائية الضارة في العديد من الترع الرئيسية وقنوات الري.



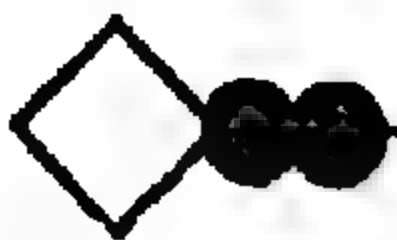
خاتمة:

من الحقائق المعروفة والتي تكاد تقترب من درجة الثبات فى علم الأنظمة البيئية أن التغيرات فى النظام البيئى غير عكسية، فعلى سبيل المثال لا يمكن تحت أى ظرف استعادة نوع مفترض أو عودة أى نظام بيئى إلى حالته الأصلية بعد كارثة طبيعية أو حادث بشرى، ولكن هذا لا يعنى عدم إمكانية استرداد النظام البيئى لعافيته إذا ما تم تشخيص الحالة المرضية للنظام البيئى بشكل صحيح وتحديد العلاج فى الوقت المناسب على أسس نظريات النظام البيئى قبل أن تتفاقم الكارثة، ومن ثم فإننا نرى ضرورة تشخيص الحالة الصحية لنهر النيل بدءاً من بحيرة ناصر وحتى المصب حتى نضع تقييماً فعلياً وموضوعياً للجهود التى بذلك والاستراتيجيات التى وضعت لمعالجة النهر من آثار التلوث والحد من المزيد من الضرر وطرح حلول إضافية أو جديدة أو بديلة إذا لزم الأمر. كما أننا نرى وجوب اتخاذ بعض الإجراءات الفورية لضمان الحماية الكاملة للنهر، على سبيل المثال:

١- أن يقتصر النقل البحرى السياحى على السفن الشراعية وأن توقف الرحلات البحرية التى تعتمد على السفن الضخمة للسياحة النيلية بغض النظر عن الخدمة السياحية التى تقدمها وعن فرص العمل التى توفرها وغير ذلك من مبررات... إلخ، فمن أراد الاستمتاع بالنهر فيكفية المشاهدة أو استخدام قارب شراعى صغير. حتى الأتوبيسات النهرية فإننا لا نرى ضرورة ملحة لوجودها.

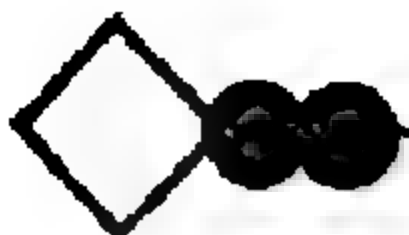
٢- توقف النقل النهري للبضائع بين محافظات مصر وبين مصر والسودان حتى وإن ارتفعت التكلفة، فالدروس البيئية أكثر تكلفة، فهى باهظة الثمن وقد لا يمكن تسديد فواتيرها.

٣- نقل المنشآت الصناعية القريبة من النيل إلى مسافة لا تقل عن ٥٠ كيلو مترا من النهر خلال فترة زمنية وجدول زمنى محدد ومعالجة مخلفاتها بطريقة تضمن عدم تسرب أى مواد سامة إلى نهر النيل أو المياه الجوفية.



٤- الوقف النهائي لنشاط أى منشأة تثبت مخالفتها للاشتراطات البيئية وتغليظ العقوبات للمتجاوزين سواء كانوا من أصحاب المنشآت أو موظفى الرقابة الذين يغضون الطرف ويتهاونون فى اتخاذ الإجراءات القانونية ضد المخالفين، حيث يجب أن ننظر إلى تعمد إلقاء ملوثات قاتلة فى النيل على أنها عملية قتل جماعى متعمد من أجل مصالح فردية.

٥- إعادة النظر فى المبيدات والأسمدة المستخدمة فى النشاط الزراعى فى مصر واستخدام أنواع من المبيدات سريعة الانحلال بعد أداء الغرض وأيضاً لا ينشأ عن تكسيرها أو انحلالها مركبات أو عناصر ضارة يمكن أن تتسرب إلى المجارى المائية أو المياه الجوفية أو مجرى نهر النيل.



المراجع

أولاً المراجع عربية:

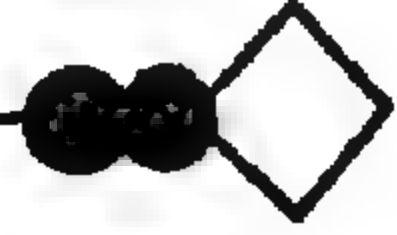
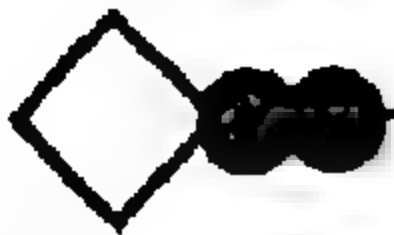
- توفيق مفرج (١٩٤٩): على ضفاف النيل - من مينا إلى فاروق - شركة فن الطباعة - مصر.
- مختار السويفي (١٩٨٠): مصر والنيل في أربع كتب عالمية - الدار المصرية اللبنانية - مصر.
- محمد عبد الفتاح القصاص (٢٠٠٦): النيل في خطر - دار المعارف - مصر.
- محمد محمد الشاذلي (٢٠٠٠): مبادئ علم بيئة الحشرات - الدار العربية للنشر والتوزيع - مصر.
- محمد محمد الشاذلي، على على المرسى (٢٠٠٠): علم البيئة العام والتنوع في البيولوجي - دار الفكر العربي - مصر.

منشورات جهاز شئون البيئة

- جهاز شئون البيئة (١٩٩٣): تنوع الموائل: البيئات الطبيعية في مصر.
- جهاز شئون البيئة (١٩٩٥): التنوع البيولوجي - دراسة عن مصر

EEAA (Egyptian Environmental Affairs Agency (1992): Environmental action plane of Egypt.

EEAA (Egyptian Environmental Affairs Agency (1992): The Biological resources of the Arab republic of Egypt.



ثانياً المراجع الأجنبية:

- Ashby, W.R. 1973.** An Introduction to cybernetics. London: Chapman and Hall, University Paperbacks.
- Baha El-Din (1999):** Palm Press, Cairo Egypt.
- Bongaarts, J. 1997.** Population policy options in the developing world. *Science* 263:771-772 .
- Birkett, S.H., and D.J. Rapport 1998.** A framework for identifying and classifying ecosystem dysfunction. *The Environmentalist*, 18(1):15-25.
- Boyce, S.G. 1977.** Management of eastern hardwood forests for multiple benefits (DYNAST-MB) U.S. Dep. Agric. For. Serv., Res. SE-184, 140p Southeast For. Exp. Sttu. Asheville, N.C.
- Boyce, S.G. 1995.** Landscape Forestry. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Broadus et. al. (1986):** Sea level Rise, UNEP, EPA. October.
- Calow, P. 1995.** Ecosystem health: A critical analysis of concepts. In: Rapport, D.J., Gaudet, C., Calow, P. (eds.). *Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystems*, 33-42. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Crabe, T. 1996.** The Impact of Deer grazing on Vegetation of Provincial Park, Natural Heritage Information Centre, Ontario Ministry of Natural Resources.
- Daily, G.C. 1997.** Nature's Services. Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington, D.C.



- Dobson, A.P., A.D. Bradshaw, and A.J.M. Baker 1997.** Hopes for the Future: Restoration Ecology and Conservation Biology. *Science*, 277 515-522 .
- EEAA (The Egyptian Environmental Affairs Agency (1992).** Environmental Action plan of Egypt. ARE.
- El-Raey et al., (1997):** Environmental monitoring and assessment 47:59-77.
- Engelberg, J., and L. L.L. Boyarsky 1979.** The noncybernetic of ecosystems. *Amer. Nat.* 114:317-324 .
- Freedman, D. and B. Berelson. 1974.** The human population. *Sci Am.* 231:30-39 .
- Gunn, J.M. (Ed) 1995.** Restoration and Recovery of an Industrial Region: Progress in Restoring the Smelter Damaged Landscape near Sudbury, Canada. Springer-Verlag.
- Holling, C.S. 1995.** Sustainability: The cross-scale dimension i. In: Munasinghe, M. & Shearer, W. (eds) *Defining and Measuring Sustainability: The Biogeophysical Foundations*, 65-75. The World Bank, Washington, DC.
- Kerr, S.R., and L.M. Dickie 1984.** Measuring the health of aquatic ecosystems. In Cairns, V.W., Hodson, P.V., Nriagu, J.O. (eds.) *Contaminant Effects on Fisheries*. J. Wiley and Sons, New York.
- Leopold, A., 1941.** Wilderness as a land laboratory. *Living Wilderness*, 6 (July): 3.



- Lorimer, C.G., and L.E. Frelich 1994.** Natural disturbance regimes in old-growth northern hardwoods. *J. Forestry*. 92 (1):34-38.
- Nicolis, G., and I. Prigogine 1977.** Self-organisation in non-equilibrium systems. 491p John Wiley and Sons: New York, London, Sydney, Toronto.
- Odum, E.P. 1969.** The Strategy of Ecosystem Development. *Science* 164:262-270.
- Odum, E.P. 1985.** Trends Expected in Stressed Ecosystems, *Bio-Science* 35(7):419-422.
- Odum, E.P. 1995.** Profile Analysis and Some Thoughts on the Development of the Interface Area of Environmental Health. *Ecosystem Health*, 1(1) 41-45.
- Odum, H.T. 1997.** Ecology: Abridge between science and Society. Sinauer Associates. Inc.
- Odum, H.T. 1960.** Ecological potential and analogue circuits for the ecosystem. *Amer. Scient.* 48:1-8.
- Pattern, B.C. 1964.** The Systems Approach in Radiation Ecology. ORNL/TM-1008 Oak Ridge National Laboratory, Oak ridge, Tennessee. 19.
- Odum, H.T. 1983.** System Ecology. An Introduction New York.
- Patten, B.C., and S.E., Jorgensen 1995.** Prentice Hall PTR, New Jersey.
- Patel, A., D.J. Rapport, J. Eyles, and L. Vanderlinden 1999.** Forest and human values: Comparing scientific and public perception of forest health in SW Ontario. *The Environmentalist* (in press).



- Porn, I. 1984.** An equilibrium model of health. In: Nordenfelt, L. & Lindahl, B. (eds.) *Health, Disease and Causal Explanations in Medicine*. Reidel, Dordrecht.
- Rapport, D.J. 1984.** State of ecosystem medicine. In: V.W. Cairns, P.V. Hodson and J. O. Nriagu (eds) *Contaminant Effects in Fisheries*. New York: John Wiley & Sons (315-324).
- Rapport, D.J, H.A. Regier, and T.C. Hutchinson 1985.** Ecosystem behaviour under stress, *American Naturalist*, 125,617-640.
- Rapport, D.J. 1989.** Symptoms of pathology in the Gulf of Bothnia (Baltic Sea): Ecosystem response to stress from human activity. *Biological Journal of the Linnean Society* 37:33-49.
- Rapport, D.J. 1997.** What is Ecosystem Health? *EcoDecision*, Winter 1997.
- Rapport, D.J., C. Gaudet, and P. Calow (eds.) 1995.** *Evaluating and Monitoring the Health of Large-Scale Ecosystems*, 33-42. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Ribble, C. et al, 1997.** Ecosystem health as a clinical rotation for senior veterinary students in Canadian veterinary schools. *Canadian Veterinary Journal*. (38): 485-490.
- Scott, V.E., K.E. Evans, D.R. Patton, and C.P. Stone 1977.** *Cavity-nesting birds of north American forests*. U.S. Dep. Agric. For. Serv., Agric., Handbook. 511. 112p Washington, D.C.
- Schindler D.W. 1990.** Experimental perturbations of whole lakes as tests of hypotheses concerning ecosystem structure and function. *Oikos* 57:25-41 .



Spanner, D.C. 1964. Introduction to thermodynamics. 278p. Academic Press, London and New York.

Sheffield, R.M., and M.T. Thomopson 1992. Hurricane Hugo, effects on South Carolina's forest resources. Res. Pap. SE-284. Asheville, NC: USDA Forest Service, South-easten Forest Experimental Station.

Singh et. al. (1999): Ecosystem health, 5: 265-274.

Sprugel, D.G. 1976. Dynamic structure of wave-regenerated *Abies balsamea* forests in the north-east United States, *Journal of Ecology*, 64:889-911 .

Sprugel, D.G. 1991. Disturbance Equilibrium and Environmental Variability: What is 'Natura' Vegetation in a Changing Environment? *Biological Conservation*, 58:1-14.

Stiling, P.D. (1992): Introductory Ecology, Prentice Hall, USA.

Stiling, P.D. 1996. Ecology: Theories and Applications. Prentice Hall.

Tolba, M.K., O.A. El-Kholy, E. El-Hinnawi, M.W. Holdgate, D.F. McMichael, and R.E. Munn, 1992. The World Environment 1972-1992. Chapman & Hall, London.

Van Dyne, G.M. 1966. Ecosystems, Systems and Systems Ecologists. ORNL 39 3957. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee. 40.

Van Dyne, G.M. 1969a. Grasslands Management Research, and Training Viewed in a Steams Context. Range Science Department, Science Series, No 3. Colorado State Univeristy, Fort Collins, Colorado 50.



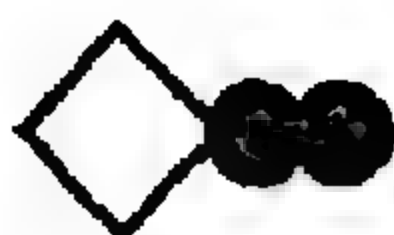
- Van Dyne, G.M. (ed) 1969b.** The Ecosystem Concept in Natural Resource Management. Academic Press, New York. 383.
- Van Dyne, G.M. 1969a.** Grasslands Management, Research, and Training Viewed in a Systems Context. Range Science Department, Science Series, No 3, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- Vitousek, P.M., and W.A. Reiners, 1975.** Ecosystem succession and nutrient retention: a hypothesis. *BioScience* 25:376-381 .
- Vitousek, P.M., H.A. Mooney, J. Lubchenco, and J.M. Melillo, 1997.** Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science*, Vol 277 (25 July 1997) 494-499.
- Waltener-Toews, D. 1996.** Ecosystem health: A framework for implementing sustainability in agriculture. *Bioscience*. 46:686-690.
- Watt, K.E.F. 1968.** Ecology and Resource Management. McFraw Hill, New York 450.
- Winterhalder, K. 1996.** Environmental degradation and rehabilitation of the landscape around Sudbury; a major mining and smelting area. *Environ. Rev.* 4,185.
- Wisniewski, S., B. Staniszwski, and R. Szymanik, 1976.** Thermodynamics of nonequilibrium processes. 274p D. Reidel Publ. Co.: Boston, Mass.

مواقع إلكترونية

<http://en.wikipedia.org/wiki/River>

<http://omgsic.com/river-pollution>

<http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/egypenv.html>.



الفصل التاسع

الأنظمة البيئية البشرية



- ١- علم بيئة الإنسان .
- ٢- مستوى كثافة المتطلبات البشرية على النظام البيئي.
- ٣- التغذية الاسترجاعية (رد الفعل) الإيجابية والسلبية.
- ٤- المجتمعات البشرية والأنظمة التكنولوجية .
- ٥- بيئة المسطحات.
- ٦- المسطحات والمجتمعات العمرانية.
- مراجع مختارة.

١- علم بيئة الإنسان Human ecology:

الإنسان مفضل على الكثير من خلق الله، وظاهرياً هو أرقى المخلوقات على سطح الكرة الأرضية، ولكنه مخلوق كسائر المخلوقات له احتياجات بيولوجية وفيزيائية، كما أن له دوراً "Role" في الأنظمة البيئية التي يعتبر جزءاً منها مثل سائر المخلوقات.

الإنسان، بصفته كائناً حياً، يقيم علاقات مع الكائنات الأخرى كما أنه بحاجة دائمة إلى مصادر بيئية غير حية لإشباع احتياجاته، والبيئة تقدم له العديد من الخدمات (راجع الفصل السادس). مما سبق يتضح بدهشة أن الإنسان يلعب دوراً في تنظيم "Regulation" أو التأثير على حركة وديناميكية المصادر الطبيعية سواء كانت حية أو غير حية بصفته عنصراً حياً من عناصر النظام البيئي وهذا الدور يعرف اصطلاحاً بالموضع البيئي "Ecological niche". والموضع أو الدور البيئي لمعظم أنواع الكائنات الحية يتميز بثبات نسبي عبر التاريخ الطبيعي، فعلى سبيل المثال تنوع الحشرات والنباتات كاسيات البذور بشكل مترابط (حيث إن الحشرات لها دور أساسي في تلقيح وانتشار النبات) منذ أكثر من ٦٥ مليون عام، فالحشرات لها وظيفة بيئية في تلقيح وتنظيم أهلات النبات، كما أن النبات له دور أساسي في تغذية الحشرات، ومن ثم، أنماط انتشار الحشرات، وهذه الأدوار ثابتة على مدار ملايين السنين.

وعلى النقيض من ذلك الإنسان، حيث نجد أن الدور البيئي أو الوظيفة البيئية للإنسان قد مرت بتطورات عديدة على مدى الثلاثة ملايين عام الماضية، ثم تغير هذا الدور أو الوظيفة البشرية بصورة مفاجئة إن لم تكن مذهلة على مدى العشرة آلاف عام الأخيرة نتيجة حدوث طفرة في الأهلات أو المجتمعات أو العشائر البشرية تمثلت في معرفة الإنسان للزراعة واستخدامه لبعض الأدوات من البيئة حتى تكون، وإبرادة النوع البشرى، ما يمكن أن نطلق عليه اليوم الغلاف التكنولوجي أو التقني "Technosphere" وأيضاً الغلاف المعلوماتي.

ما هو علم بيئة الإنسان؟ "What is human ecology":

لما كان علم البيئة هو علم دراسة العلاقات بين الكائن الحى وبيئته، وبصفة الإنسان كائنا حيا، فإن علم بيئة الإنسان هو العلم الذى يتناول العلاقة بين البشر والبيئة. وفى علم البيئة البشرى أو علم بيئة الإنسان، وطبقاً لرأى بعض العلماء، ينظر إلى البيئة البشرية على أنها «نظام بيئى» "Ecosystem" وهى تعنى كل شىء فى منطقة معينة (الهواء - التربة - الماء - الكائنات الحية - التراكيب الفيزيائية بما فى ذلك المنشآت التى يقيمها البشر). والجزء الحى فى النظام البيئى، بما فى ذلك الإنسان، يعرف بالمجتمع الأحيائى "biological community".

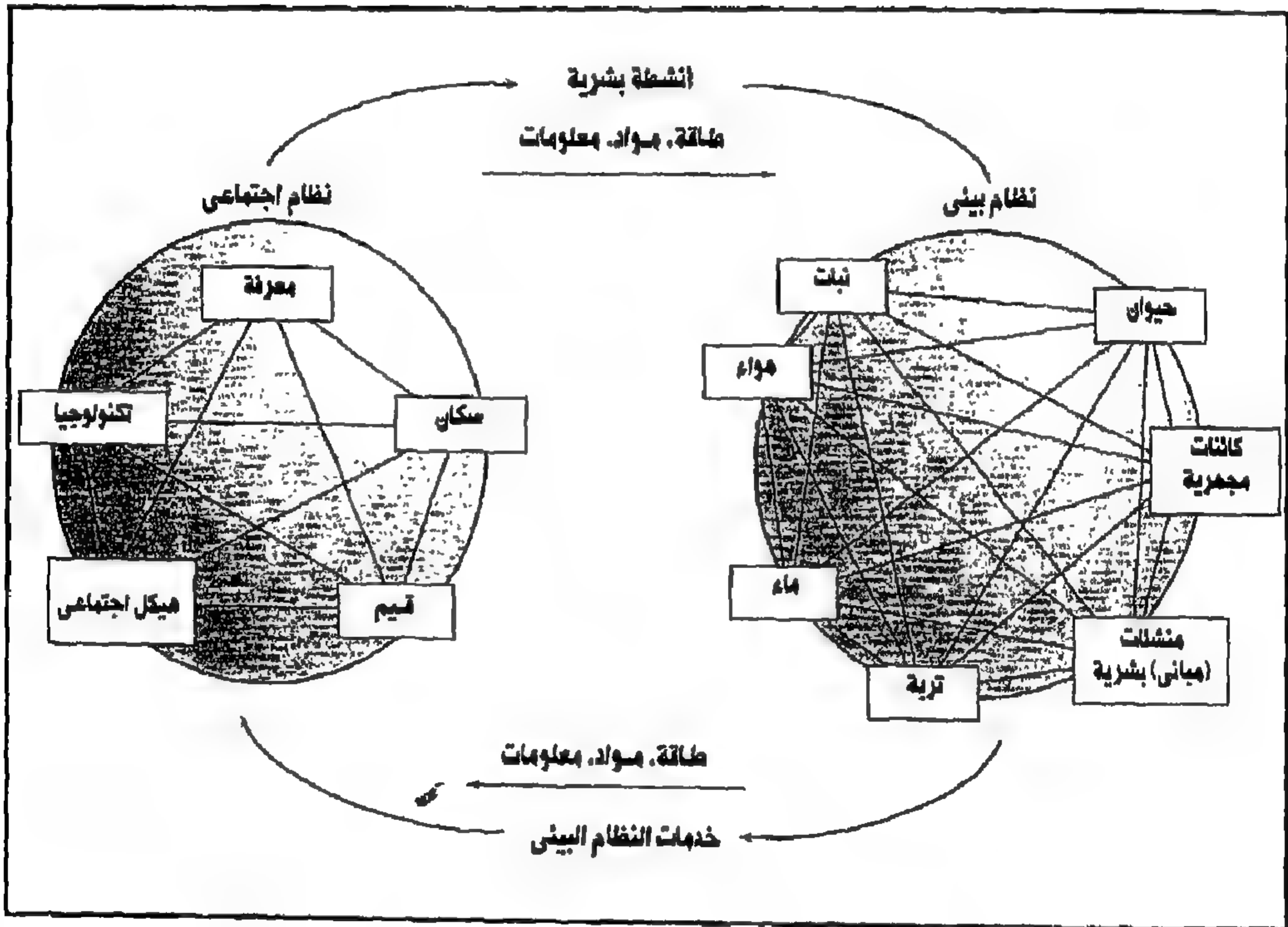
بالرغم مما ذكرناه عن آراء العلماء حول مواصفات وحجم النظام البيئى (الفصل الثالث) إلا أن هناك مدارس علمية تنظر إلى أى وحدة بيولوجية - فيزيائية على أنها نظام بيئى، وبناء على هذا الاتجاه، فإن النظام البيئى يمكن أن يكون بأى حجم:

- * الجدول فى الغابة نظام بيئى.
 - * الغابة كلها نظام بيئى.
 - * المزرعة نظام بيئى.
 - * المسطحات القروية نظام بيئى.
 - * القرية نظام بيئى.
 - * منطقة من آلاف الكيلومترات نظام بيئى.
 - * الكرة الأرضية بالكامل نظام بيئى.
 - * المدينة نظام بيئى.
- وسوف نحاول فى هذا الفصل إلقاء الضوء على الموضوع الأخير «المدينة كنظام بيئى».



بالرغم من أن البشر جزء من النظام البيئي، إلا أن بعض المدارس العلمية ترى أن تفاعل الإنسان مع البيئة هو تفاعل بين «نظام اجتماعي بشري» وباقي مكونات النظام البيئي (شكل ١) (Marten, 2001).

النظام الاجتماعي هو كل شيء متعلق بالبشر، بما في ذلك السلوك البشري والتعداد والطبقات الاجتماعية... ومن ثم فإن بعض المدارس العلمية تذهب إلى أن النظام الاجتماعي هو مفهوم محوري في علم بيئة الإنسان حيث إن تأثير الأنشطة البشرية على النظام البيئي يتأثر بطبيعة المجتمع وثقافته.



شكل (١): التفاعل بين النظام البشري الاجتماعي والنظام البيئي (عن Marten, 2001)

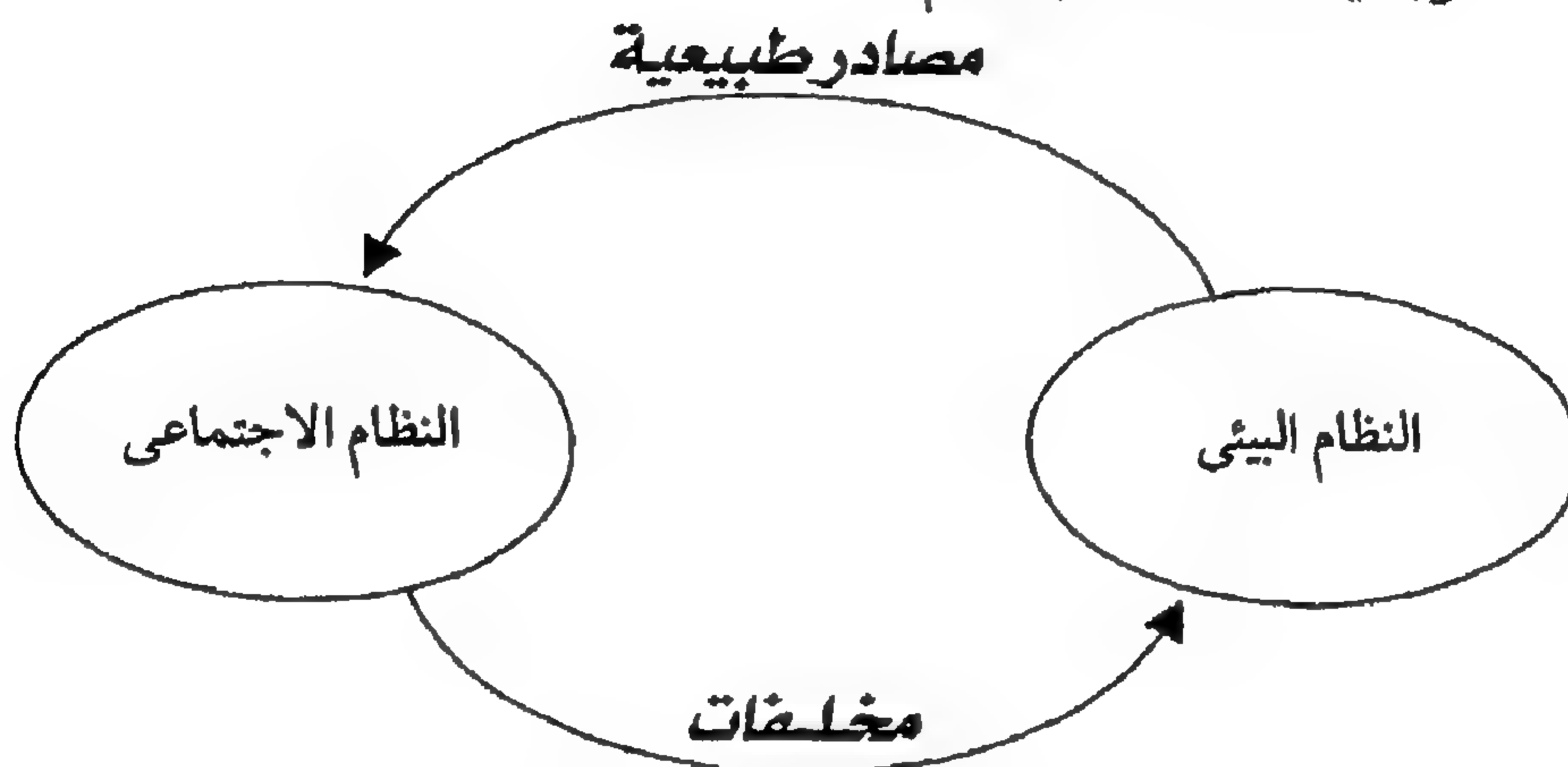
ناقشنا سابقاً الخدمات التي يؤديها النظام البيئي إلى المجتمع البشري مثل الطاقة والأمان والرفاهية والمأوى والمعلومات... (راجع الفصل السادس)، ومن ناحية أخرى فإن المواد والطاقة والمعلومات تتجه من النظام الاجتماعي إلى النظام البيئي نتيجة الأنشطة البشرية:



* يؤثر البشر على الأنظمة البيئية نتيجة استخدامهم للمصادر مثل المياه والأسماك والغابات . .

* بعد استخدام الخامات من النظام البيئي يتم إعادتها إلى النظام البيئي على شكل مخلفات (شكل ٢).

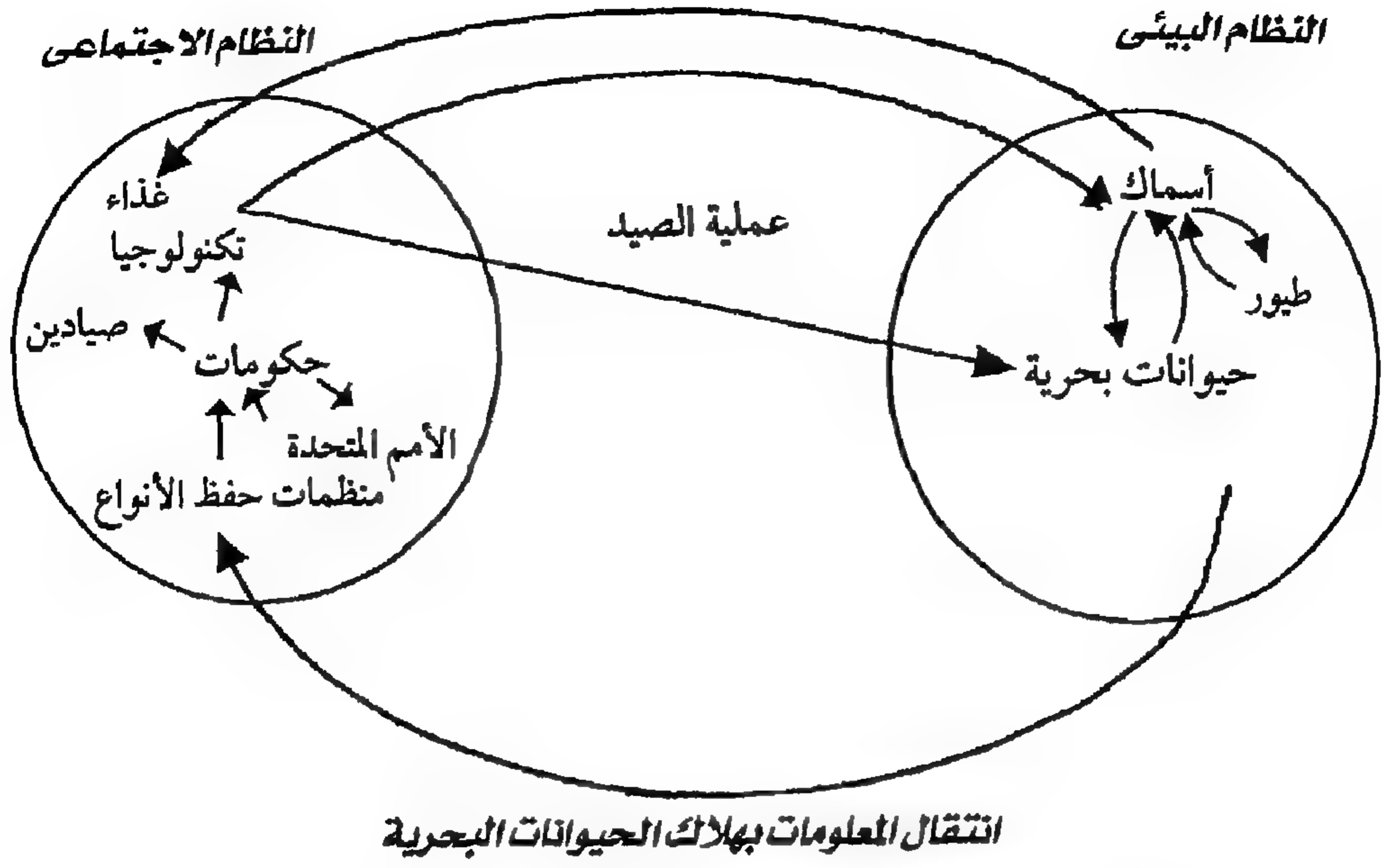
* يحوّر البشر الأنظمة البيئية أو ينشئون أنظمة جديدة (مثل المدن والمناطق الزراعية) لخدمة احتياجاتهم.



شكل (٢): استخدام الإنسان للمصادر

وهناك العديد من أمثلة التفاعل بين النظام الاجتماعي والنظام البيئي ومن بينها القضاء على الحيوانات البحرية نتيجة أنشطة الصيد. في الثمانينيات من القرن الماضي استخدم الصيادون نوعا خاصا من الشباك «غير المرئي» لصيد الأسماك من جميع المحيطات حول العالم، وفي منتصف الثمانينيات وجد أن هذه الشباك أدت إلى هلاك أعداد هائلة من الحيوانات البحرية مثل الدولفين والسلاحف المائية وغيرها. انتقلت معلومة موت الحيوانات البحرية من النظام البيئي إلى النظام الاجتماعي (شكل ٣)، وبدأت منظمات حفظ الأنواع تحذر من هذا النوع من الشباك وتمارس ضغوطا على الحكومات لتحريم الصيد بهذه الشباك فوافقت بعض الحكومات ورفضت حكومات أخرى، وأخيرا لجأت بعض الدول إلى الأمم المتحدة التي حرمت استخدام هذه الشباك، وهذه العلاقة بين النظام البيئي والنظام الاجتماعي موضحة في شكل (٣).





شكل (٣): التأثير المتبادل بين النظام البيئي والاجتماعي في صيد الأسماك
(عن Marten 2001)

٢- مستوى كثافة المتطلبات البشرية على النظام البيئي؛

Intensity of human demands on ecosystems:

هناك علاقة بين الاستدامة ومستوى كثافة احتياجات البشر من النظام البيئي، فنحن نعتمد على الموارد المتجددة وغير المتجددة لاستمرار الحياة البشرية. وعموماً فإنه كلما زادت المتطلبات البشرية على النظام البيئي قلت فرصة استدامة النظام. ويجب أن نذكر أنه في الأعوام الأخيرة بدأ العالم يستخدم المصادر بصورة أكثر رشداً باستخدام التقنيات الحديثة التي تقلل استهلاك المصادر الطبيعية وأيضاً تخفض من التلوث الناشئ عن استخدامات تلك المصادر في الصناعة والزراعة والأنشطة البشرية الأخرى.

يمكن ملاحظة أن تعداد السكان المنخفض في بعض الدول المتقدمة يستهلك المصادر بطرق مبالغ فيها بعكس الدول النامية، وعموماً يمكن القول بأن مستوى المتطلبات أو كثافة استهلاك النظام البيئي يتوقف على عدة عوامل:

* كم المواد ومصادر الطاقة المطلوبة للإنتاج الزراعى والصناعى .

* التلوث الناتج عن النشاط الزراعى والصناعى .

* عدد الأفراد التى تستهلك المنتج الصناعى أو الزراعى .

٣- التغذية الاسترجاعية (رد الفعل) الإيجابية والسلبية؛

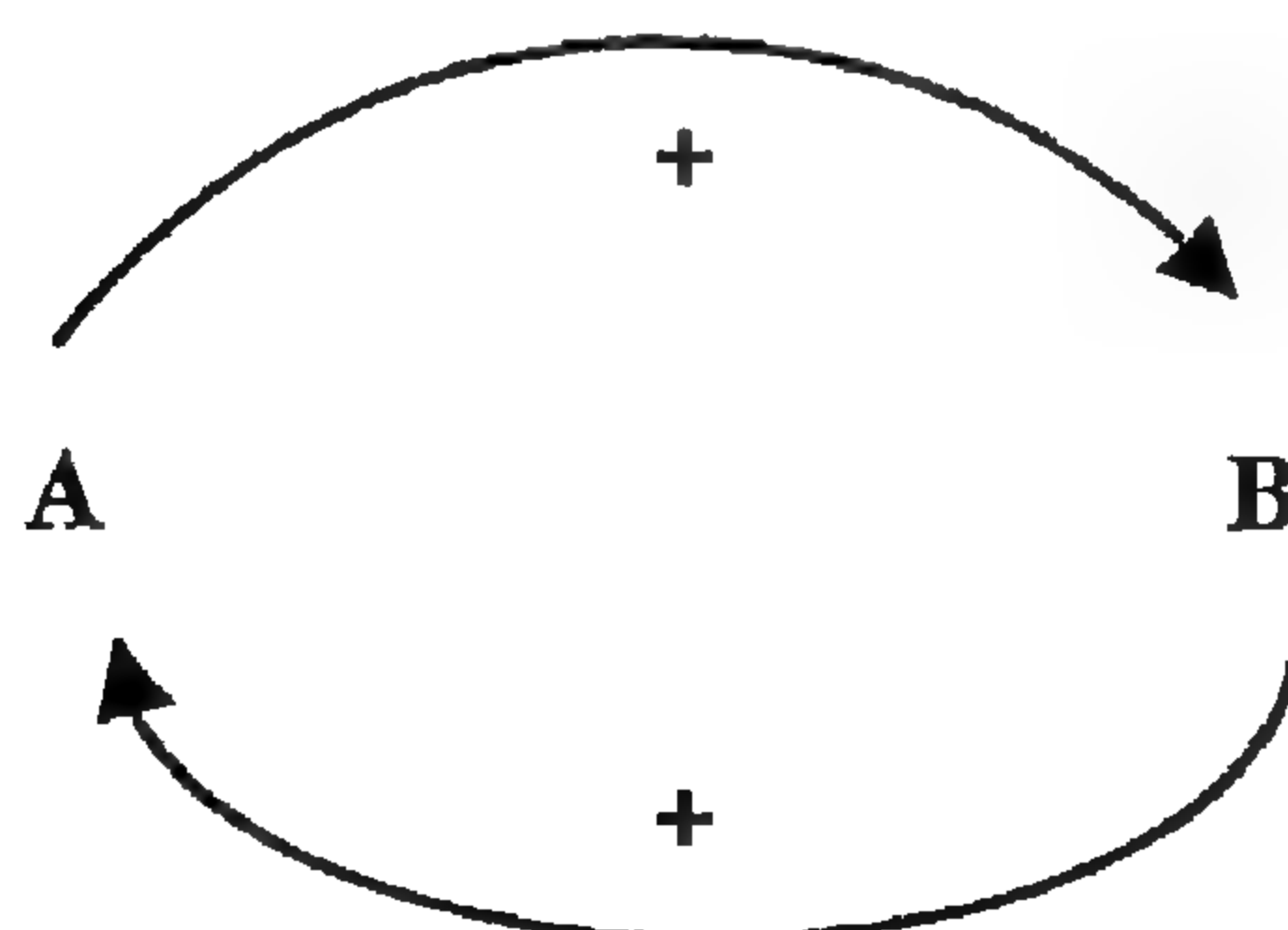
Positive and Negative Feedback

- التغذية الاسترجاعية Feedback

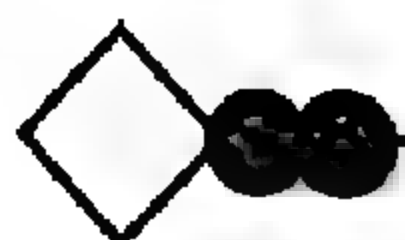
هى ردود أفعال تؤدى إلى إحداث تغيرات فى جزء من النظام البيئى أو الاجتماعى على نفس الجزء بعد مروره بسلسلة من التغيرات فى أجزاء أخرى من النظام، التغذية الاسترجاعية السلبية (رد الفعل السلبى) "Negative feedback" تؤدى إلى الثبات "Stability" وذلك على عكس التغذية الاسترجاعية الموجبة "Positive feedback" والتى تؤدى إلى ظهور مفاجئ للمشاكل البيئية أو إلى تغيرات سريعة فى النظام.

التغذية الاسترجاعية الموجبة "Positive feedback"؛

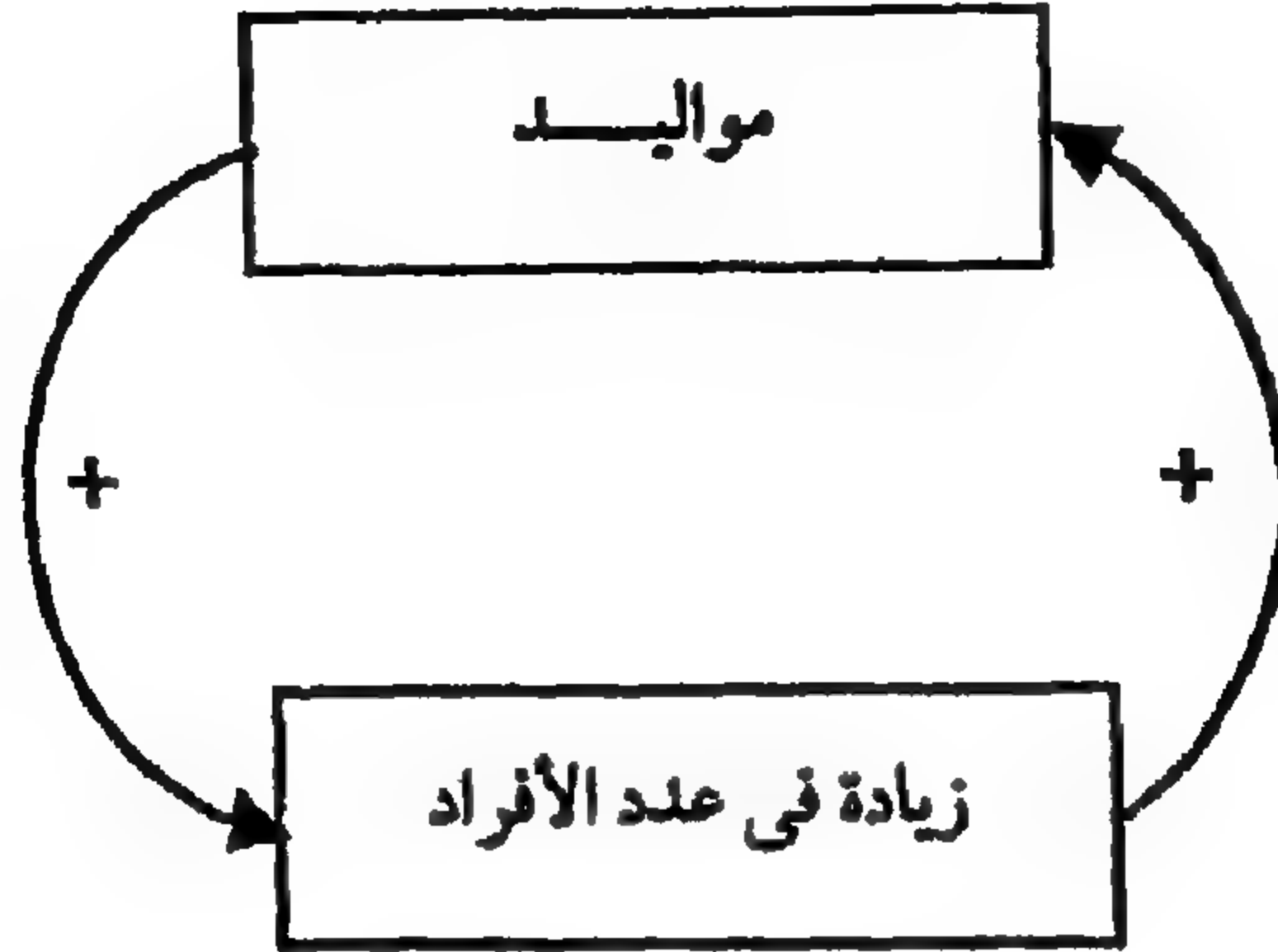
تشكل التغذية الاسترجاعية الموجبة (رد الفعل الإيجابى) عندما يكون العنصر "A" له تأثير إيجابى على العنصر "B" والعنصر الأخير "B" له تأثير إيجابى أيضاً على العنصر "A" كما فى شكل (٤).



شكل (٤): تغذية استرجاعية موجبة

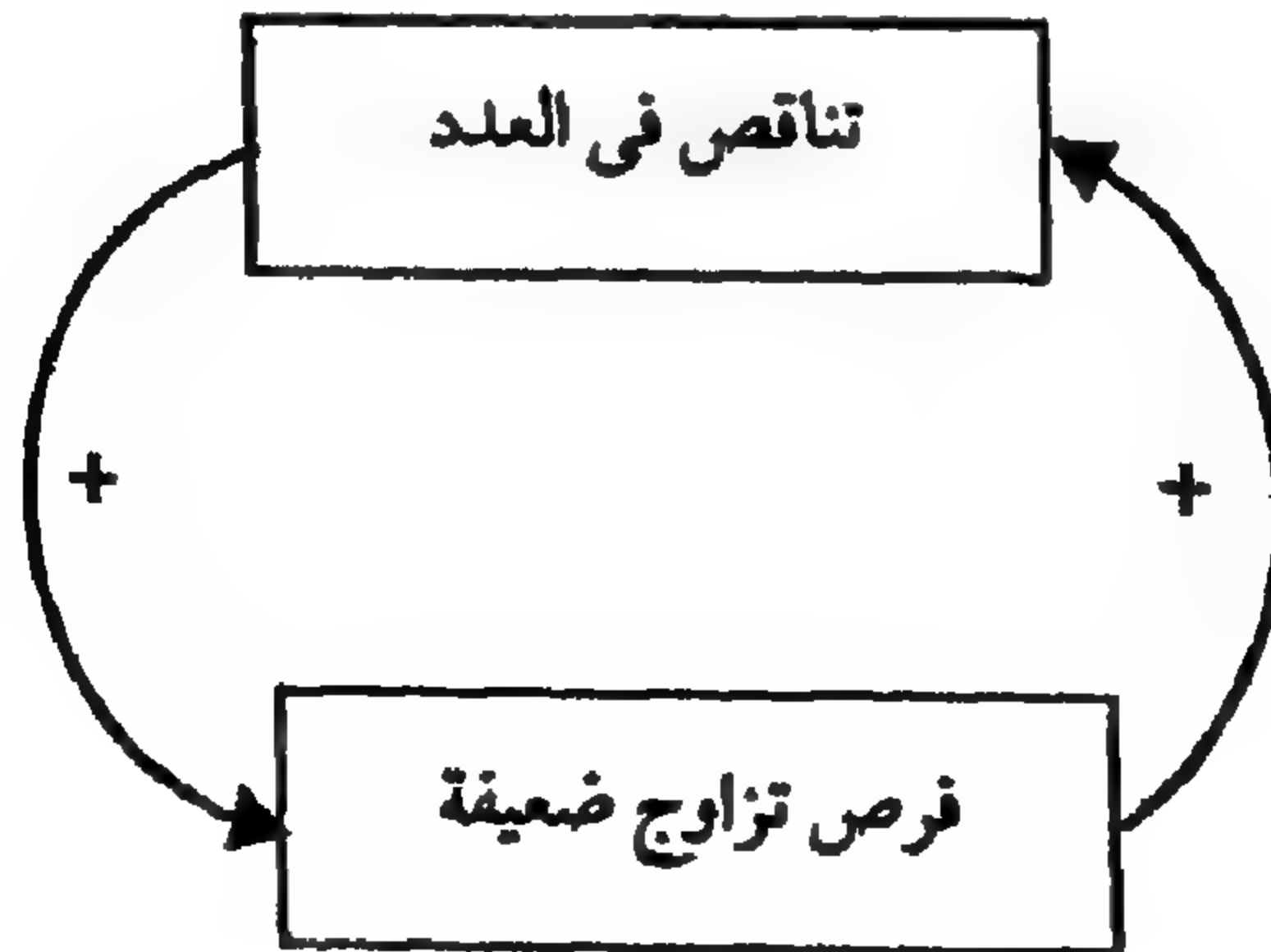


ومن أمثلة التغذية الاسترجاعية الموجبة زيادة تعداد الكائن الحي عندما يستوطن بيئة مناسبة تحتوي على فائق من الغذاء والمكان المناسب للتوالد والمعيشة حيث ينمو التعداد بمعدلات عالية، مع زيادة المواليد يزداد معدل التكاثر وتتعاقب الأجيال ويزداد التعداد، (شكل ٥).



شكل (٥) تغذية استرجاعية موجبة نتيجة الاستيطان في مكان مناسب وزيادة التعداد

التغذية الاسترجاعية الموجبة تؤدي إلى التغير ولكنها لا تؤدي دائما إلى زيادة شيء ما في العدد أو الكم، فعل سبيل المثال نجد أن الأنواع المهددة بالانقراض تتناقص أعدادها، ومن ثم تجد الأفراد صعوبة في الالتقاء والتكاثر مما يؤدي إلى قلة معدل المواليد نتيجة ضعف فرصة الالتقاء بين الجنسين، وهذا يؤدي بدوره إلى إضعاف الفرصة أكثر وأكثر في الالتقاء من أجل التكاثر وهكذا حتى ينقرض النوع (شكل ٦).



شكل (٦): تغذية استرجاعية موجبة تؤدي إلى تناقص العدد وانقراض النوع

وفى المجتمعات البشرية ظهر أثر التغذية الاسترجاعية الموجبة فى الحرب الباردة بين الاتحاد السوفيتى السابق والولايات المتحدة، فعندما تضخمت ترسانات الأسلحة فى الولايات المتحدة اضطر الاتحاد السوفيتى إلى إنتاج المزيد من الأسلحة وتدعيم ترسانته النووية، وهذا بدوره اضطر الولايات المتحدة إلى زيادة أكثر وأكثر فى ترسانتها مما أدى إلى ما عرف بالحرب الباردة. وعندما اتفقت الدولتان على إنهاء الحرب الباردة حدث العكس نتيجة تغذية استرجاعية موجبة أيضا. والخلاصة أن التغذية الاسترجاعية الموجبة قد تؤدي إلى زيادة عنصرين أو نقص عنصرين أو زيادة عنصر ونقص آخر.

التغذية الاسترجاعية السالبة "Negative feedback"،

هى دورة من التأثيرات المتتالية التى تعمل ضد أى تغير فى النظام، فالتغذية الاسترجاعية السالبة تميل لحفظ الأشياء كما هى فعندما يتغير جزء من النظام البيئى تتغير الأجزاء الأخرى بطريقة ما فى اتجاه عكسى للتغير الأول (حتى يستمر النظام كما هو).

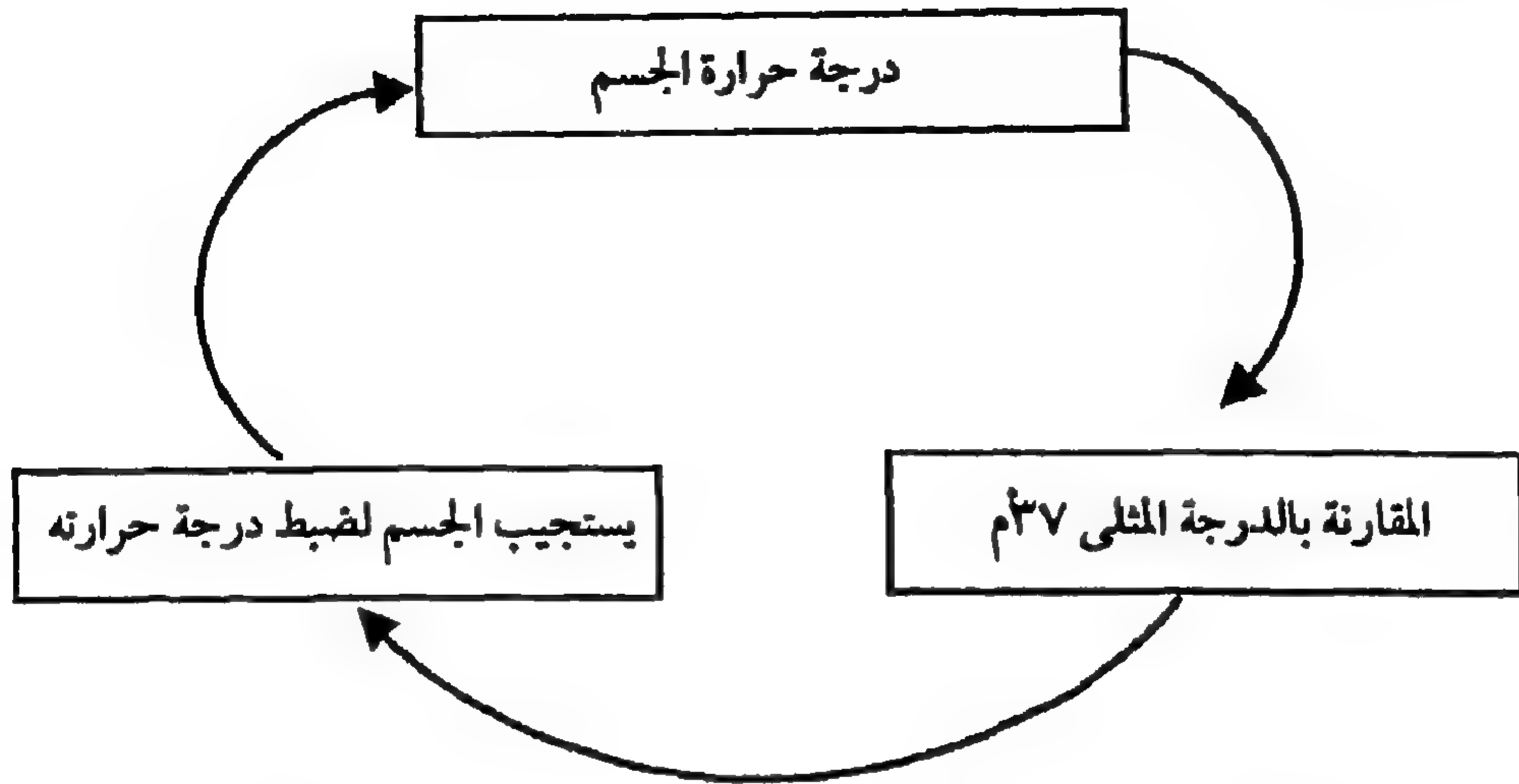
فالوظيفة الأساسية للتغذية الاسترجاعية السالبة هى حفظ النظام متوازن وثابت فى إطار استمرار الكائنات الحية، فالتغذية الاسترجاعية السالبة (أو رد الفعل السلبى) مصدراً للثبات Stability وهى قوة ضد التغير.

ويعتبر الاتزان البدنى Homeostasis من أوضح أمثلة التغذية الاسترجاعية السالبة فى الكائنات الحية، فالاتزان البدنى هو التحكم فى البيئة الداخلية الفيزيائية والحالة الكيميائية داخل جسم الكائن الحى فى الحدود المطلوبة لبقائه حيا.

ويعتبر تنظيم الجسم البشرى لدرجه حرارته "٣٧م" مثالا واضحا على التغذية الاسترجاعية السالبة التى تحافظ على ثبات درجة حرارة الجسم:

عندما ترتفع درجة حرارة الجسم عن "٣٧م" تحدث تغذية استرجاعية سالبة بعدة طرق من بينها زيادة الحرارة المفقودة من الجسم (عن طريق زيادة ضخ الدم إلى الجلد وزيادة معدل العرق لتلطيف درجة حرارة الجسم). وعندما تنخفض درجة

الحرارة عن "٣٧م" تحدث ميكانيكية التغذية الاسترجاعية السالبة التي تؤدي إلى رفع درجة حرارة الجسم (عن طريق الإقلال من معدل ضخ الدم إلى الجلد وقلة العرق) (شكل ٧):



شكل (٧): التحكم في درجة حرارة الجسم بالتغذية الاسترجاعية السالبة

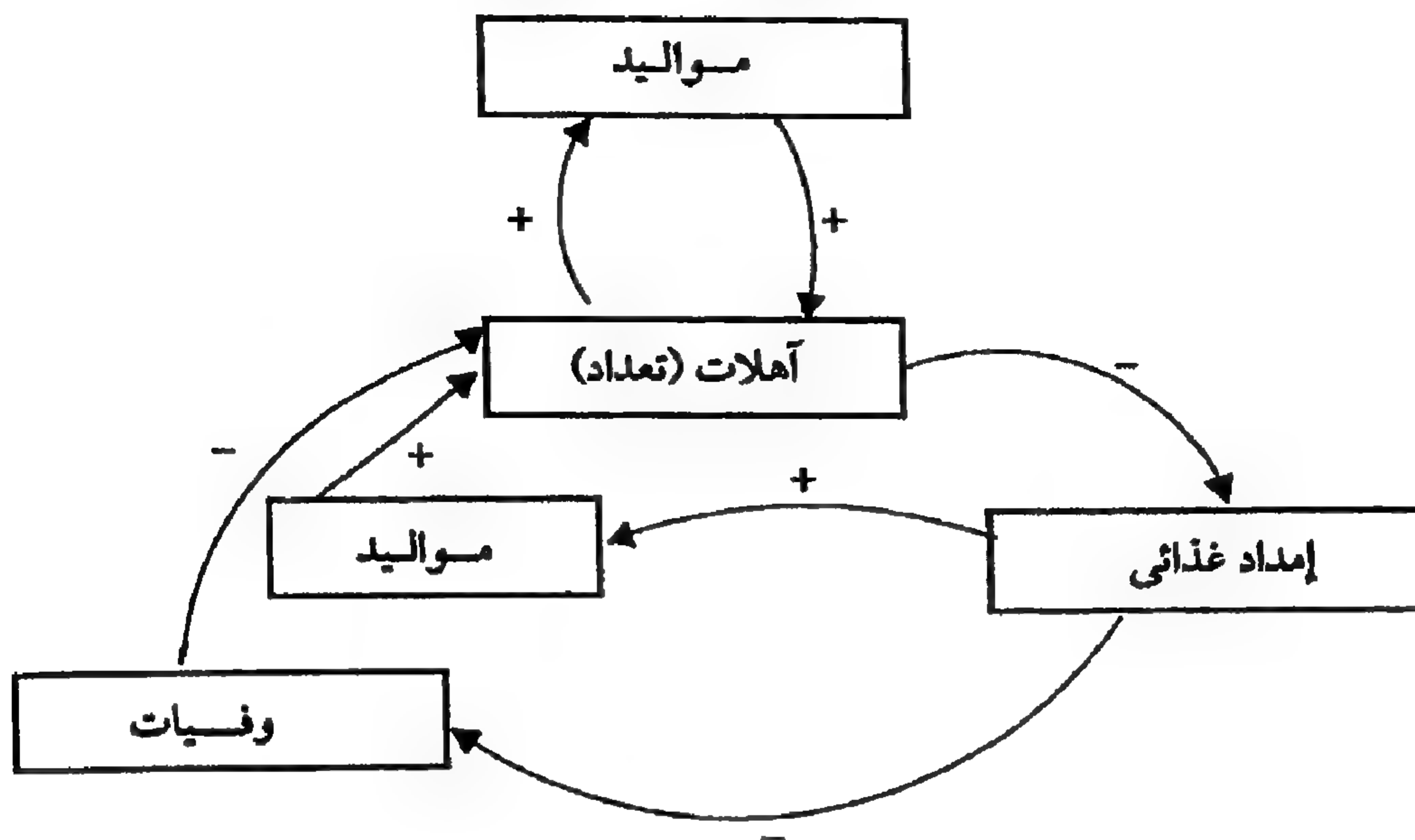
التغذية الاسترجاعية وتنظيم الأهلالت: Feedback and Population regulation

لو أننا تخيلنا غابة لا يوجد بها أى نوع من الغزلان ثم وصل إليها ذكر وأنثى من الغزلان، بعد عام واحد سوف يكون لديهم صغيران، وبعد عام آخر سوف يكبر الصغيران ويتكاثران . . . وهكذا ونتيجة تضاعف العدد سنويا سوف يصل العدد إلى ١٠٠٠ فرد بعد عشرة أعوام. وقد ناقشنا من قبل أن زيادة التعداد عندما يتوطن النوع بيئة مناسبة تعتبر تغذية استرجاعية موجبة (راجع شكل ٥).

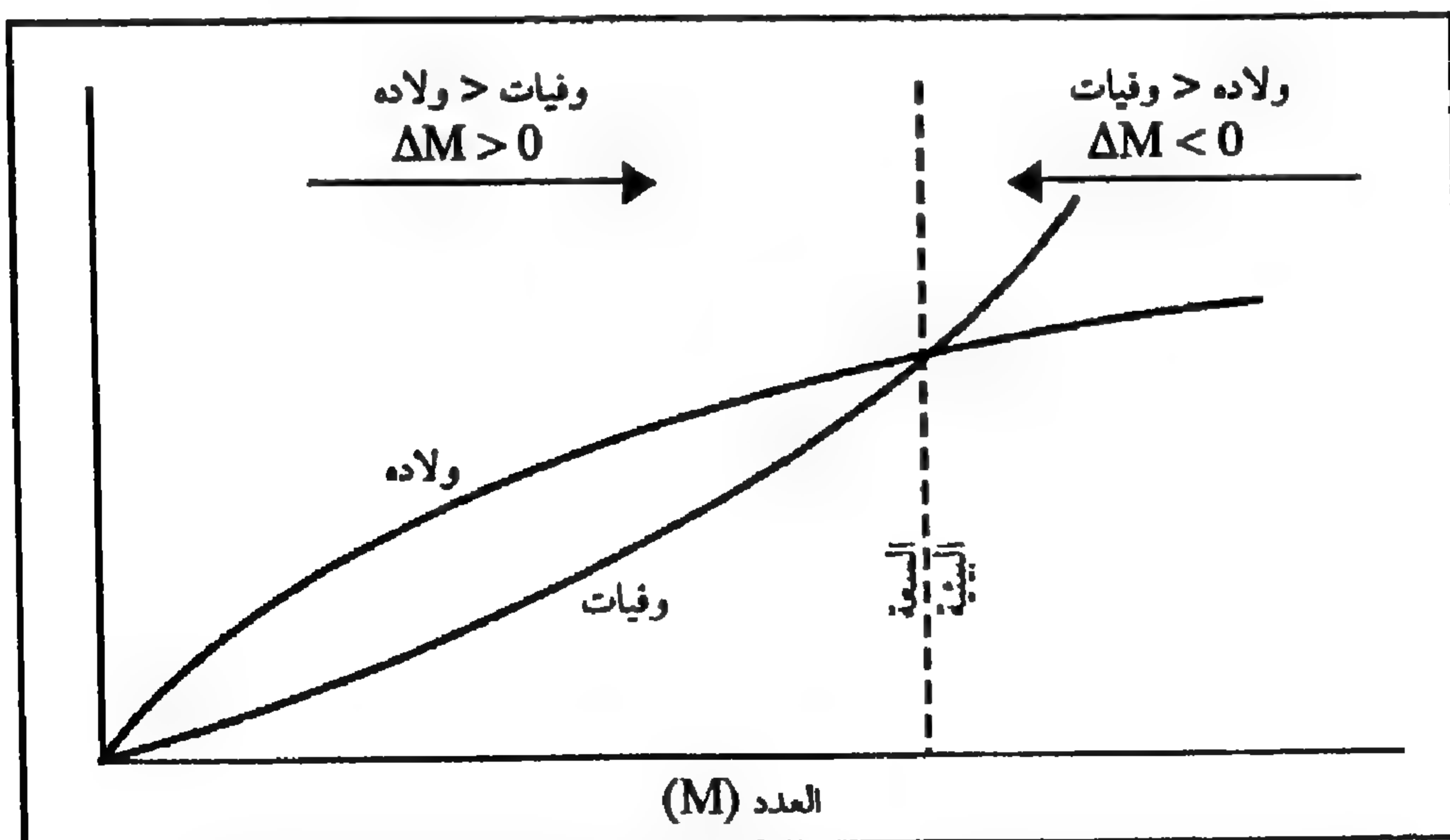
ولكن عندما يرتفع التعداد إلى حد يفوق المصادر الغذائية يشتد التنافس على الغذاء وتصبح الغزلان أقل صحة نتيجة ضعف التغذية، ومن ثم تتعرض للأمراض ويقل معدل الزيادة فى العدد تدريجيا مما يؤثر على معدل زيادة التعداد حتى يصل التعداد إلى حالة من الاتزان بين عدد الغزلان أو عدد أفراد النوع وكمية الموارد المتاحة، ويعرف التعداد فى هذه الحالة بالسعة البيئية "Carrying capacity"، فالسعة البيئية هى أقصى تعداد للنوع يمكن أن يستمر على المدى البعيد فى بيئة



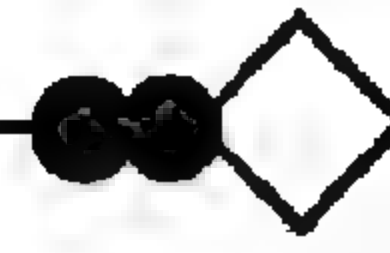
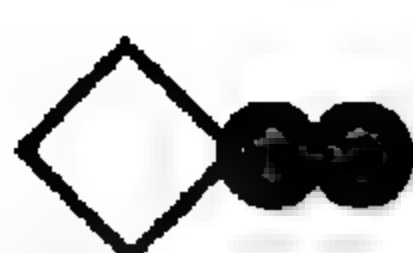
معينة في حدود استمرارية الموارد المتاحة للنوع في البيئة. ويتضح مفهوم التغذية الاسترجاعية الموجبة والسالبة على تنظيم تعداد الأهلات في شكل (٨ و ٩).



شكل (٨): تنظيم التعداد نتيجة عدم كفاية الغذاء ويتضح من الشكل أن التغذية الاسترجاعية الموجبة يعقبها تغذية استرجاعية سالبة تؤدي في النهاية إلى توازن العدد مع كم الغذاء المتاحة على المدى البعيد (عن Marten, 2001).



شكل (٩): العلاقة بين التغير في تعداد الأهلات (الزيادة والنقص) و السعة البيئية للنوع



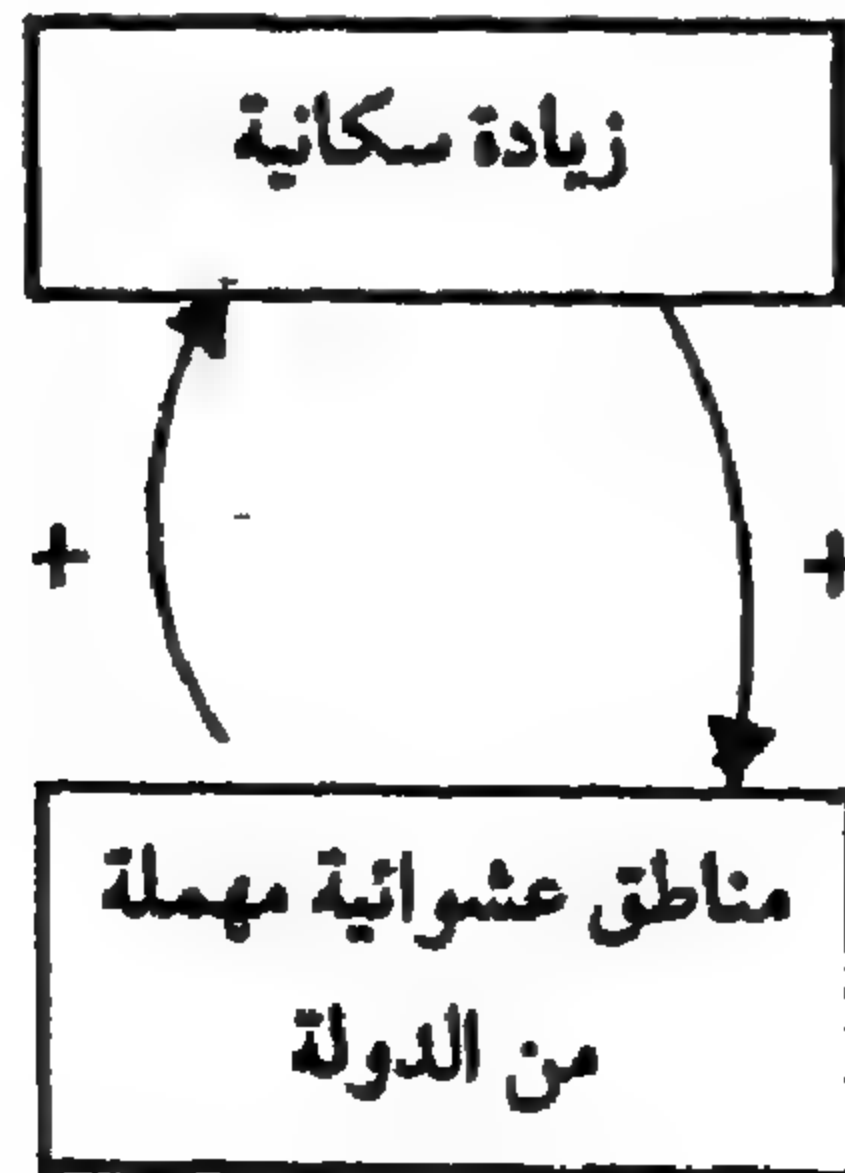
- التغذية الاسترجاعية فى النظام البيئى (الاجتماعى) البشرى:

Feedback in Human Ecosystem Social System:

أى نظام بيئى، بما فى ذلك النظام البشرى، يستمر أو يتغير من خلال مجموعة من التغذية الاسترجاعية الموجبة والسالبة، وكلا النوعين ضرورى فى استمرار الحياة والنظام البيئى؛ فالمجتمع البشرى دائم التفاعل مع قوى التغيير والثبات، حيث يعتمد البشر على التغذية الاسترجاعية السالبة لبقاء الأشياء كما هى متزنة ومستقرة، وعندما يحاول البشر تغيير وضع ما أو إيجاد حل لمشكلة ما يستعملون التغذية الاسترجاعية الموجبة، ولكن يمكن أن تؤدي التغذية الاسترجاعية الموجبة أو السالبة إلى عكس المصالح البشرية أو نقض ما يريه البشر من الحفاظ على الثبات أو التغيير.

وسوف نعطي مثالا لأنماط التغذية الاسترجاعية الموجبة والسالبة وتأثيرها على المجتمع المصرى:

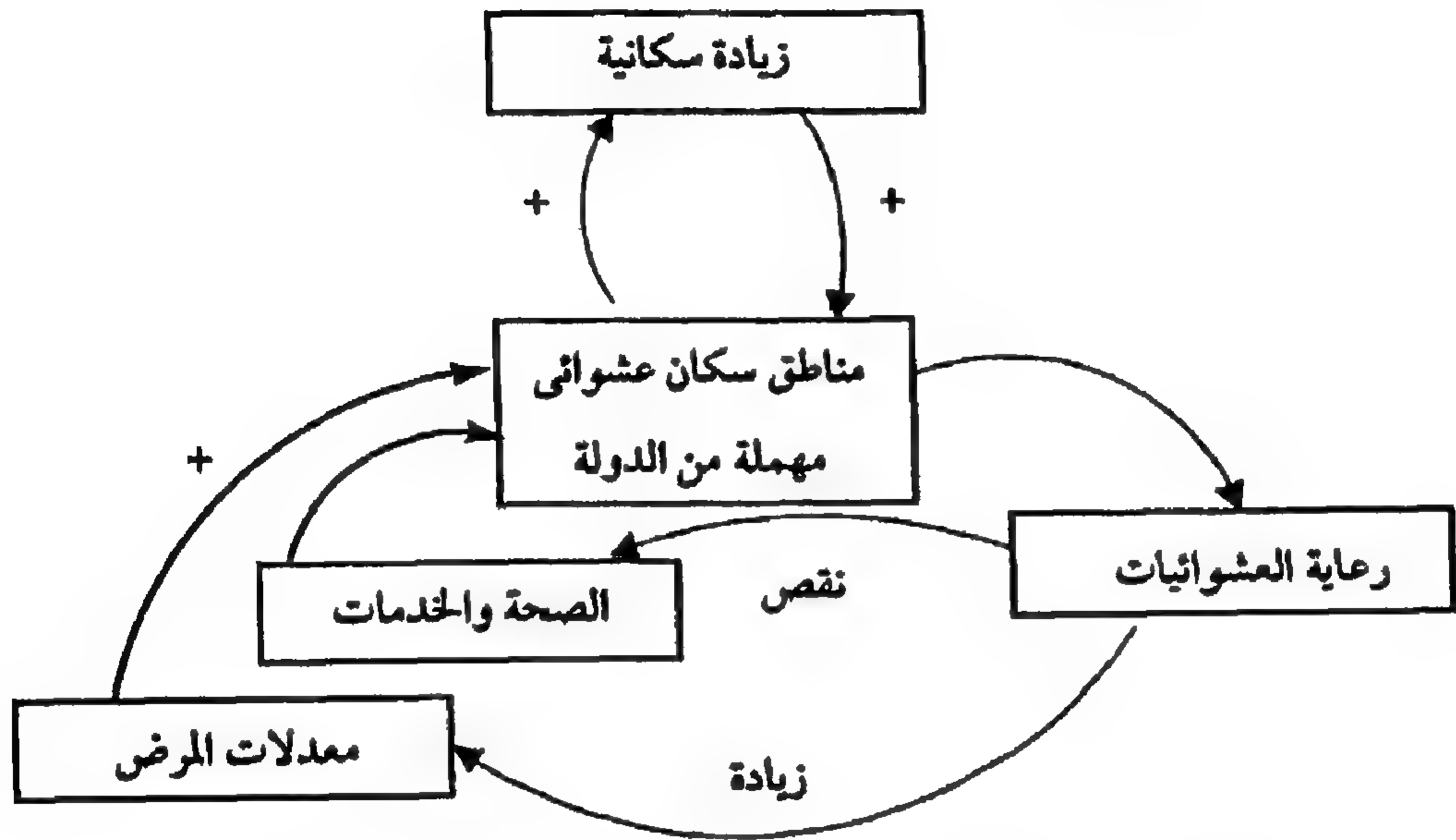
- أدت الزيادة السكانية فى مصر مع عدم توفير الحكومات المتتالية مساكن لائقة فى القرى المصرية، وكذا فرص عمل مناسبة، أدت إلى هجرة عشوائية من الريف إلى الحضر وإقامة مناطق سكنية عشوائية (أكثر من ٨٠٪ من المجتمعات السكانية فى مصر عشوائيات طبقا لبعض الإحصائيات)، وهذا يعنى أن المجتمع الريفى، وردا على عدم الاهتمام، تحرك، فى رد فعل إيجابى، إلى المدن للبحث على مأوى مناسب وخدمات أفضل وفرص عمل، وكلما ازداد عدد السكان ازداد حجم المناطق العشوائية (شكل ١٠)



شكل ٧: تفاقم العشوائيات فى مصر يعبر عن تغذية استرجاعية موجبة

• أدت زيادة عدد المناطق العشوائية، وعلى مر عقود، إلى ضعف الخدمات الصحية والثقافية والبنية التحتية (مياه صالحة - صرف سليم على أسس هندسية....).

• أدى غياب أو ضعف الخدمات إلى زيادة معدلات انتشار الأمراض وضعف مستوى الصحة العامة والخدمات الصحية كما يتضح فى شكل (١١). وسوف نناقش موضوع البيئة السكانية العشوائية فى مصر فى جزء لاحق من هذا الفصل.



شكل (١١): التغذية الراجعة فى مناطق السكن العشوائى بمصر

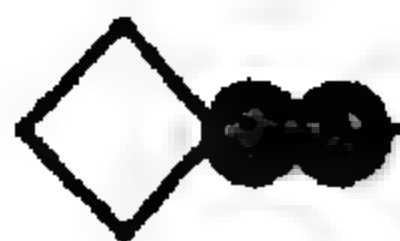
٤- المجتمعات البشرية والأنظمة التكنولوجية:

Human Societies and Techno-ecosystems:

إن التفاعل بين الأنواع المختلفة من الكائنات الحية والبيئة يعتمد على عدة عوامل من أهمها التركيب الشكلي للنوع ودرجة التكيف وحجم وديناميكية الأهلات أو العشائر أو المجتمعات (مثل معدل الزيادة فى التعداد والعوامل المحددة للبقاء ودرجة التوازن بين التعداد والمصادر... إلى آخره). وذكرنا سابقا فى هذا الفصل أن كل نوع له دور بيئى Ecological Niche. والأفراد لهم أيضاً دور بيئى فى النظام البيئى البشرى وهذا الدور يشتمل على الأنماط التى يتفاعل بها البشر مع الأنواع الأخرى (مثل المحاصيل والأنواع الداجنة - التى تربي للثروة الحيوانية - والأنواع المستأنسة مثل القطط والكلاب - والنباتات الطبيعية والأعشاب... إلى آخر القائمة).

ويتضمن الدور البشرى نمط التحكم فى المواد والطاقة خلال النظام البيئى البشرى، فالنظام البيئى البشرى يتسم بوجود مدخلات للطاقة (مثل الطاقة الكهربائية - الوقود... إلى آخره) ومواد (مثل المواد الخام المستخدمة فى الصناعة أو التغذية) وأيضاً مخرجات للطاقة (مثل الطاقة الناشئة عن تشغيل جهاز أو مصباح كهربائى أو سيارة... إلى آخر ذلك) ومخرجات للمادة (النفايات بكافة صورها).

إننا كعلماء للبيئة نلاحظ أنه فى الأنواع الأخرى، غير البشر، يقتصر الدور البيئى على تركيب الكائن الحى وعلى غرائزه وسلوكه الموروث، فهو بصفة عامة دور محدد وراثياً. أما الدور البيئى للبشر فيتدخل فيه، بالإضافة إلى الغرائز الموروثة، عاملان هما الفكر (ثقافات المجتمعات) والإرادة. أما عن وظيفة الغرائز فى تحديد دور الإنسان فى النظام البيئى البشرى فنستطيع أن نقر بأن الإنسان كائن حى له متطلبات غرائزية لا يستطيع الحياة بدونها، ولكن الثقافات تختلف من مكان لآخر، ومن ثم فإن الدور أو الوظيفة البيئية Ecological Niche التى يقوم بها الإنسان تختلف تبعاً للميراث الثقافى والوضع الاقتصادى ومستوى التقدم التكنولوجى وغير ذلك من المتغيرات. ومن ثم لا يمكننا أن نجد تعريفاً عاماً لدور البشر فى البيئة الإنسانية.



وبناء على ما سبق فقد قسم (Clapham,1981) المجتمعات البشرية إلى أربعة أنواع:

١- مجتمعات القنص والصيد وجمع الغذاء. Hunting and Gathering Societies.

٢- مجتمعات زراعية Agricultural Societies، وهي تنقسم إلى:

أ- مجتمعات زراعية متأصلة (بدائية): Subsistence level village farmers

ب- مجتمعات عمرانية معتمدة على الزراعة. (Agriculture - based Urban communities)

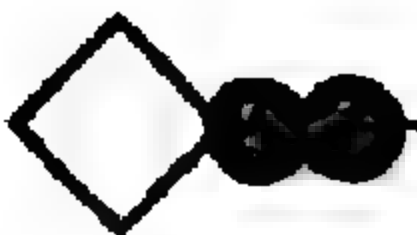
٣- مجتمعات صناعية Industriol Societies وهي تنقسم إلى:

أ- مجتمعات صناعية عمرانية Industrial Urban Communities.

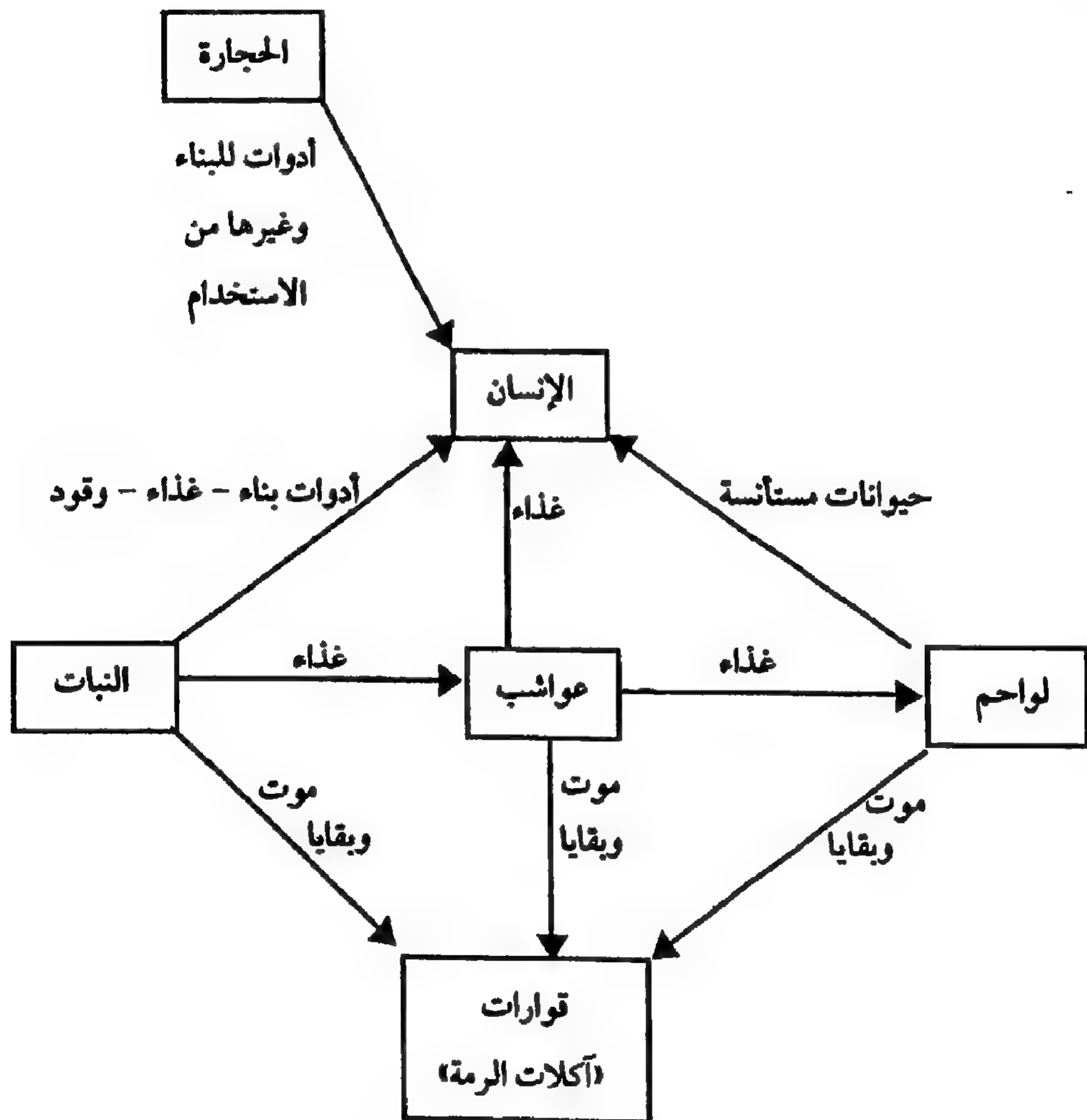
ب- مجتمعات صناعية متقدمة Advanced Industrial Societies.

١- مجتمعات القنص والصيد وجمع الغذاء:

هي أبسط أنواع النظم البشرية الاجتماعية وأكثر الأنظمة البيئية البشرية بساطة، وتلك الأنظمة هي التي سادت في التجمعات البشرية لإنسان ما قبل التاريخ، وتتميز تلك المجتمعات بأن اقتصادياتها شديدة البساطة حيث تشبه السلسلة الغذائية لأي نوع من الكائنات الحية (شكل ١٢)، إلا أن هذه السلسلة الغذائية تختلف عن باقي الأنواع في أن الإنسان يعتبر من العواشب (أكلات النبات - herbivores) اللواحم (أكلات اللحوم - carnivores) ومن ثم فالإنسان يدخل في مستويات متعددة في السلسلة الغذائية (راجع السلاسل الغذائية - الفصل الرابع). فالغذاء البشري في مجتمعات القنص يتكون من حيوانات برية ونباتات برية يمكن جمعها من أماكن تجمع الإنسان. والإنسان جامع الغذاء - يمكن أن يستخدم الأخشاب كوقود والأحجار كأدوات للبناء أو الصيد. وتترك الأنظمة البشرية البدائية بقايا بسيطة عبارة عن مخلفات بشرية وبقايا الوقود غير المستخدم.



وتنقسم تلك المجتمعات إلى مجتمعات متنقلة (Nomadic)، وهي تجمعات بسيطة وتترك آثارا بسيطة لوجودها، وتجمعات شبه مستديمة (Semipermanant) وهي تترك آثارا تدل على وجودها في بيئة معينة لفترة زمنية طويلة نسبيا، وسبب بقاء تلك المجتمعات ربما يرجع إلى استخدامها لطرق أكثر تطورا في جمع الغذاء. وتتميز تلك المجتمعات بأن تعدادها أكثر من المجتمعات الرحالة، كما أن بها تقسيما للعمل والواجبات بين الأفراد. والتأثيرات البيئية التي تتركها تلك المجتمعات سواء كانت من المجتمعات الرحالة أو شبه المستديمة تعتبر بسيطة نسبيا.



شكل (١٢): اقتصاديات مجتمع القنص وجمع الغذاء

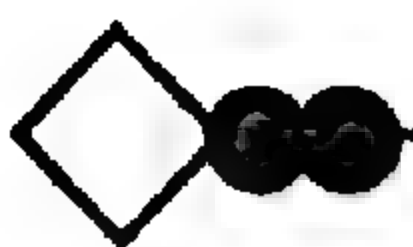
٢- المجتمعات الزراعية Agricultural Societies :

تحصل المجتمعات الزراعية على أكثر غذائها من المحاصيل الزراعية، بالإضافة إلى لحوم الحيوان وبعض المنتجات الحيوانية. وقد نشأت المجتمعات الزراعية البدائية من مجتمعات القنص وجمع الغذاء التي تميزت بالنظام والغنى حيث كانت تلك المجتمعات تختزن بعض الحبوب. وبدأت النشأة الأولى للمجتمعات الزراعية نتيجة تعلم الإنسان أن كمًّا قليلاً من الحبوب يمكن أن يعطى كميات أكثر في نهاية الموسم إذا ما زرع في التربة، وقد ساعد هذا الاكتشاف التجمعات البشرية على تلبية احتياجاتها الغذائية.

وكان لتكنولوجيا الزراعة تأثيرات واضحة على الأنظمة البيئية، فالزراعة تتطلب إحداث تغيرات فيزيائية وبيولوجية في البيئة نتيجة العمليات الزراعية مثل قلب الأرض وإزالة الأعشاب... إلى آخره، فالحقل المزروع نظام بيئي مختلف تماماً في جميع النواحي الجيوكيميائية والبيولوجية عن المراعى أو الغابات الطبيعية.

أ- المجتمعات الزراعية البدائية (Primitive Agricultural Communities):

تختلف تلك المجتمعات اختلافاً كبيراً عن مجتمعات القنص والصيد شبه المستديمة والفرق الجوهرى يكمن فى أن المجتمعات الزراعية البدائية تحصل على كم أكبر من الغذاء نتيجة عمليات الزراعة وتربية الحيوانات الداجنة، أما القنص فيمدها بالقليل من الغذاء، وتوجد مجتمعات شبيهة حتى اليوم فى بعض مناطق أفريقيا وجنوب أمريكا وبعض المناطق الآسيوية. وكانت تلك المجتمعات متواجدة فى بعض البلاد الأوروبية منذ أكثر من مائة عام. وتفاوتت تلك المجتمعات فى درجة تطورها، فالمجتمعات شديدة البدائية تتميز بوجود حقول صغيرة وغير منقاة من الأعشاب والأشجار وتتم الزراعة بطرق شديدة البدائية وباستخدام أدوات بسيطة مثل العصى لعمل حفر صغيرة فى الأرض ووضع البذور. وبعض المجتمعات



البداية أكثر تطوراً حيث تستخدم أدوات بسيطة مثل الفؤوس أو المحاريث التي تجرها الحيوانات المستأنسة. وتلك الطرق تعطي إنتاجية أكثر من المحاصيل الزراعية.

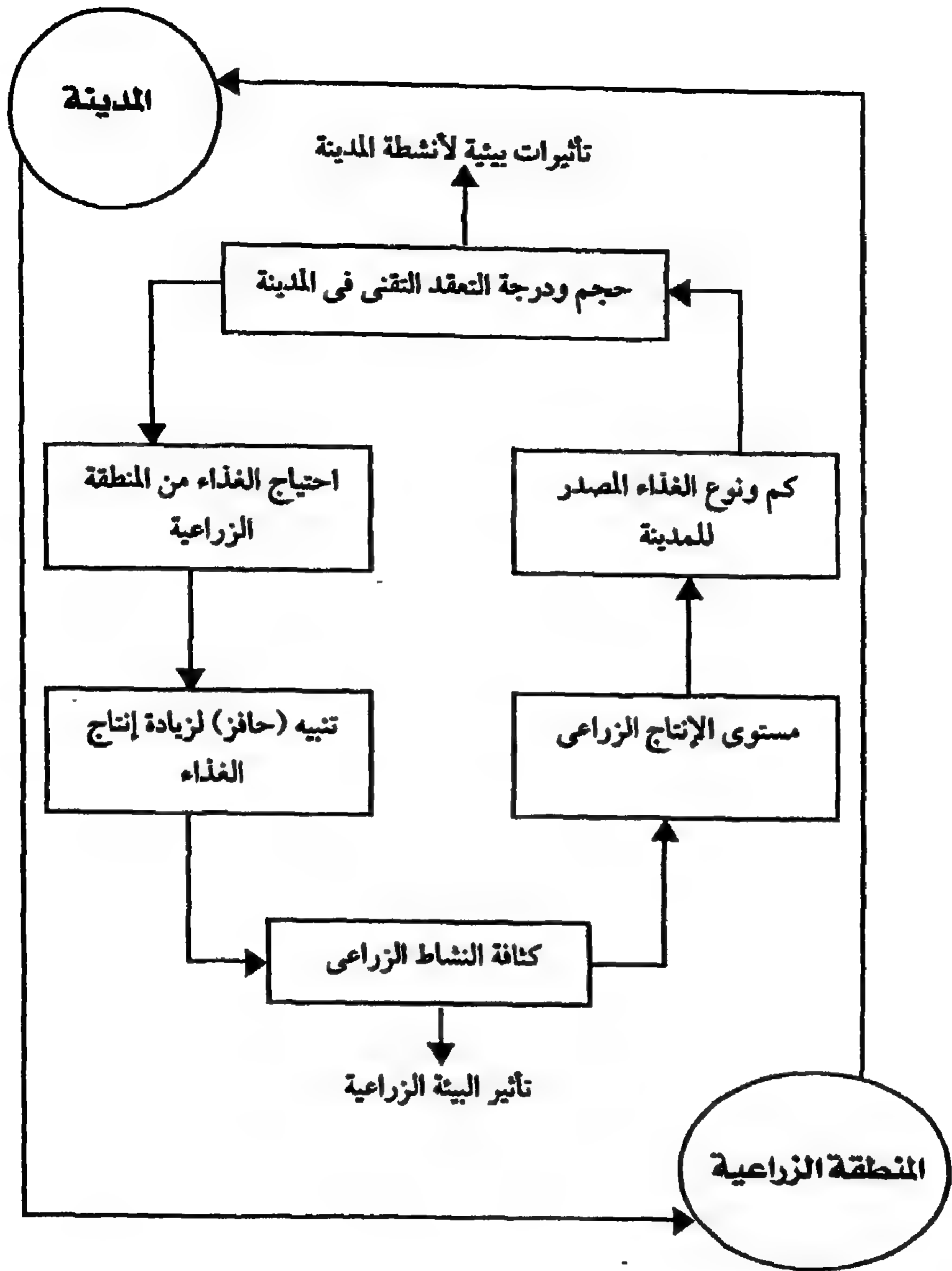
ب- مجتمعات ما قبل المدن الصناعية (مجتمعات عمرانية معتمدة على الزراعة) :

(Preindustrial urban Societies)

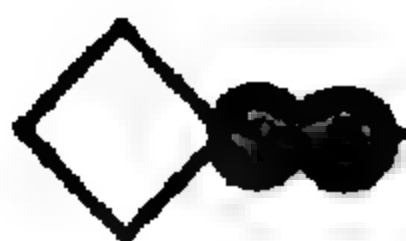
تواجدت المدن منذ أكثر من ثمانية آلاف عام، وخلال تلك الفترة لم تكن هناك صناعات يعتمد بها إلا في خلال الأربعة أو الخمسة قرون الأخيرة. وبالرغم من ذلك فإن الاقتصاديات البيئية تختلف عن المجتمعات الزراعية البيئية اختلافاً تاماً نتيجة وجود تفاعلات مختلفة بين المجتمع والبيئة.

القليل من الغذاء ينتج في المدن (نظراً لقلّة الزراعة)، ومن ثم فإن بقاء المدن يعتمد على قدرة المجتمعات الزراعية على إمدادها بالغذاء. وفي نفس الوقت تمد المدن المزارعين باحتياجاتهم من الأدوات والتقنيات الزراعية ومع تكون ثقافة المدينة كجزء من ثقافة المجتمع يبدأ الارتباط بين المدينة والضواحي كما هو موضح في شكل (١٣).

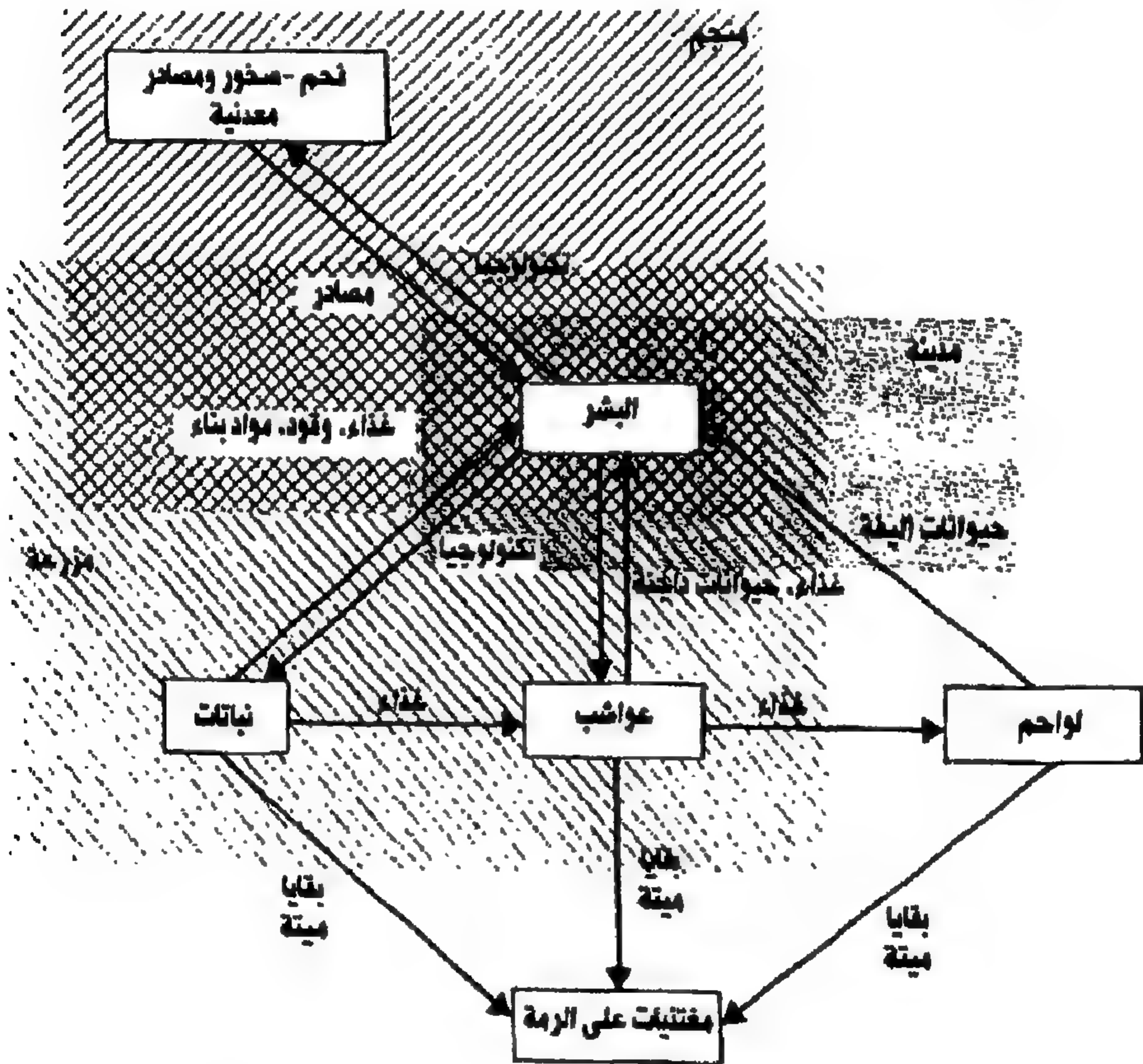




شكل (١٣): ارتباط النمو الزراعي والعمرائي في المدن المعتمدة على الزراعة. ويلاحظ من الشكل وجود تغذية استرجاعية نتيجة الاعتماد المتبادل بين النمو الزراعي والعمرائي إذ يعتمد نمو كل منهما على الآخر حيث إن التقنيات التكنولوجية الزراعية تزيد من إنتاجية المزارع والنشاط الزراعي، مما يؤدي إلى زيادة أكثر في حجم المدينة أو العمران المعتمد على الزراعة.



وفي البداية، كانت المدن أسواقاً ومراكز لصناعة الملابس والأدوات، وأيضاً كانت مراكز دينية. ويسمى شكل (١٤) ملخصاً لاقتصاد البيئة في مجتمع بشري بسيط. أما عمليات التعدين والصناعات المرتبطة به فتعتبر عوامل هامة في بقاء المجتمع، فعلى سبيل المثال تعتبر صناعة الأدوات الزراعية البسيطة مثل الفؤوس لها أهمية في زيادة الإنتاج الزراعي. ومع نمو تكنولوجيا التعدين ارتفعت معدلات أنشطة استخدام الغابات حيث كانت الأخشاب تستخدم كوقود وأيضاً للطهي ولإنتاج الطاقة الحرارية. وهناك أنظمة غاية انقرضت مع تنامي مجتمعات ما قبل المدن الصناعية، ومن أمثلة ذلك غابات خشب الأرز التي تدهورت في لبنان مع تنامي مجتمع ما قبل المدن الصناعية ودمرت تماماً في نهاية القرن العشرين.



شكل (١٤): الاقتصاد البيئي لمجتمع سكني. ويلاحظ من الشكل أن بقاء المدينة يعتمد على شبكة من العلاقات بين الزراعة والتعدين والنقل (عن Clapham, 1981). قارن بين هذا الشكل وشكل (١٣)

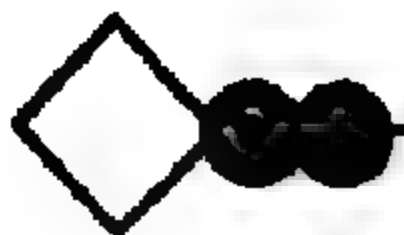
والمجتمع الأحيائي في المدينة يتكون أساساً من البشر، بالإضافة إلى الكائنات التي لا يمكن التخلص منها مثل الميكروبات وناقلات الأمراض والطفيليات وغيرها، أضف إلى ذلك بعض الحيوانات التي يستخدمها الإنسان للنقل أو الترفيه وأيضاً بعض الأنواع التي تتخذ من المناطق السكنية بيئة بديلة عن بيئتها الأصلية للتكاثر مثل الطيور التي تستوطن المناطق السكنية.

٣- المجتمعات الصناعية Industrial Societies:

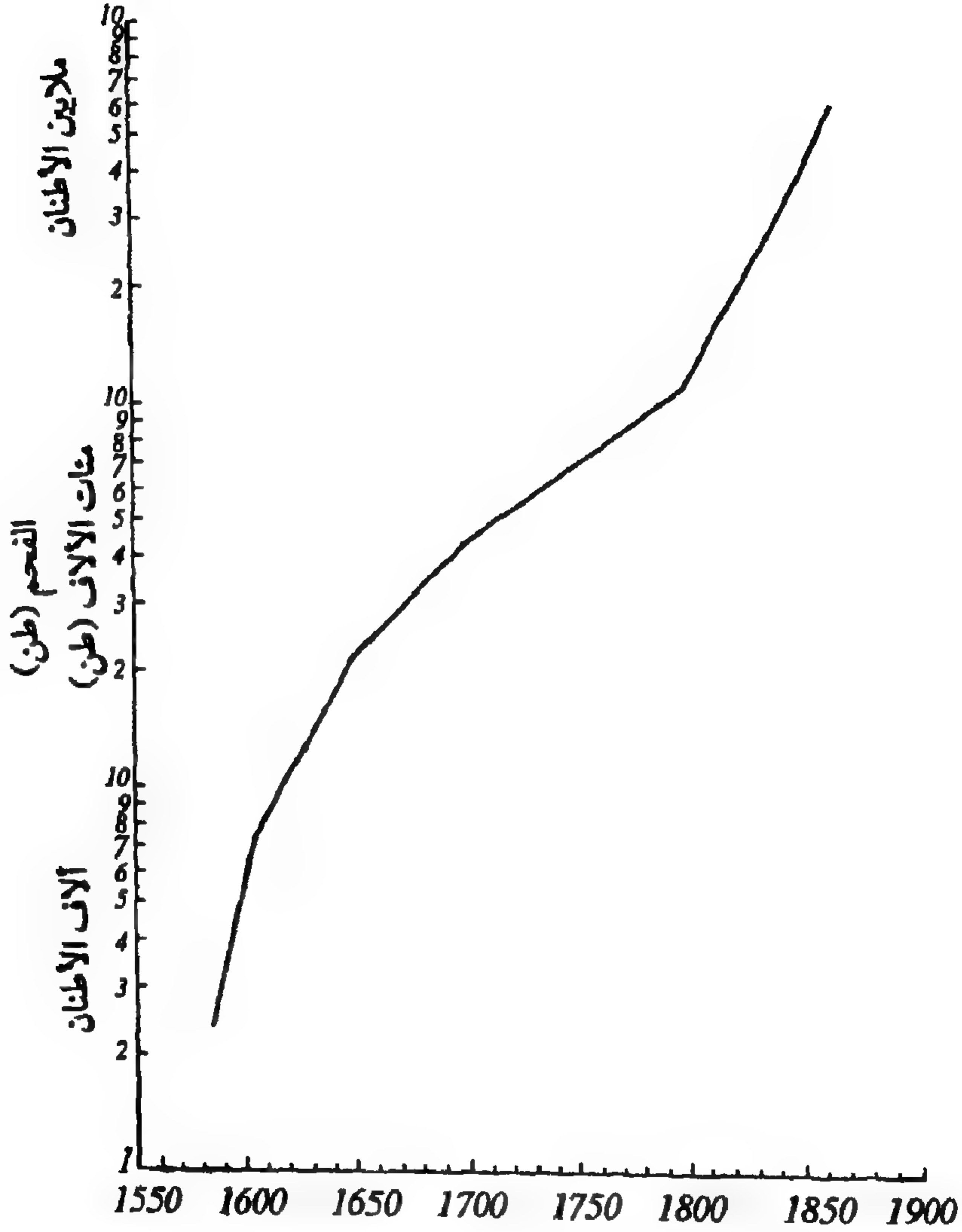
لقد أدت الثورة الصناعية إلى نمو هائل في المدن وإحداث العديد من التعقيدات الاجتماعية. وقد نشأت المجتمعات الصناعية نتيجة لتداخل عوامل سياسية وثقافية واجتماعية ودينية وتكنولوجية بين القرن السادس عشر والثامن عشر في شمال غرب أوروبا. أحدثت الثورة الصناعية تطورات هائلة في وظيفة الماكينة حتى أصبحت تقوم بأداء جزء كبير من دور الإنسان والحيوانات المستأنسة في الزراعة والنقل وغير ذلك، وكما ذكرنا سابقاً، يمكن تقسيم المجتمعات الصناعية إلى مجتمعات عمرانية صناعية ومجتمعات عمرانية متطورة.

أ- المجتمعات العمرانية الصناعية Urban Industrial Societies:

هناك تشابه بين المجتمعات الصناعية العمرانية والمجتمعات العمرانية المعتمدة على الزراعة (مجتمعات ما قبل المدن الصناعية Preindustrial Urban Societies)، وهذا التشابه يكمن في أن بقاء المدن يعتمد على الغذاء الذي ينتج في المناطق الزراعية وعمليات التعدين في ضواحي المدينة، كما تم المدينة المزارع والمناجم باحتياجاتها من التكنولوجيا المطلوبة للزراعة والتعدين. ولكن الاختلاف بين المجتمعات العمرانية الصناعية ومجتمعات ما قبل المدن الصناعية يكمن في أن مجتمعات ما قبل المدن الصناعية تستخدم الوقود للطهي وصهر المعادن والأنشطة المشابهة، على عكس المجتمعات الصناعية التي تستخدم الوقود - مثل الفحم - لتشغيل الماكينات؛ وهذا بالطبع يحتاج لكميات أكبر بكثير من الوقود من تلك التي كانت تستخدم في مجتمعات ما قبل المدن الصناعية، ومن ثم فقد ارتفع معدل التعدين في المجتمعات الصناعية لتشغيل الماكينات وأيضاً تطورت عمليات نقل الفحم إلى المدن.



والتأثيرات البيئية لعمليات التعدين وخاصة الفحم تؤدي إلى آثار بيئية سيئة. ومع تشغيل الماكينات بالوقود ازداد الطلب على المعادن وازدادت عمليات التنقيب عن المعادن بصفة عامة لبناء الماكينات وإخراج المنتجات الصناعية. ويوضح شكل (١٥) معدل الزيادة في استهلاك الفحم في لندن على مدار خمسة قرون.



شكل (١٥): استهلاك الفحم في لندن (بالطن)، وقد ارتفع معدل استهلاك الفحم في القرن السادس عشر والسابع عشر بعد إحلال الفحم محل الخشب الذي كاد أن ينفد في بريطانيا في ذلك الوقت. أما الزيادة في الاستهلاك بعد عام (١٨٠٠) فكانت نتيجة الثورة الصناعية (عن Clapham, 1981).

إن التأثير البيئي للمدن الصناعية أعلى بكثير من مدن ما قبل الصناعة نظراً لأن مكونات الاقتصاد البيئي في مدن ما قبل الصناعة يكاد يكون غائباً أو غير هام. أما الثورة الصناعية فقد صاحبها اقتصاديات بيئية معقدة أدت إلى تلوث الهواء والماء بدرجات لم تكن معروفة من قبل. فالمخلفات الصناعية تختلف تماماً عن المخلفات العضوية للإنسان فهي أكثر ضرراً للبيئة، حيث إن الصناعة تؤدي إلى إنتاج مواد لم تكن موجودة من قبل، وتلك المواد عبارة عن منتجات صناعية وأيضاً مخلفات عمليات الصناعة.

ب- المجتمعات العمرانية الصناعية المتطورة:

Advanced Industrial Urban Societies:

لقد حدثت تغيرات رئيسية في تنظيم وعلاقات المجتمعات الصناعية على مدى الستين عاماً الأخيرة، حيث ذكر (Galbraith, 1967) أن الثلاثين عاماً الأخيرة (ويقصد هنا قبل عام ١٩٦٧) قد شهدت تغيرات جذرية في المجتمعات الصناعية. قسم (Bogue, 1949) الوظائف في مجتمع المدينة إلى أربعة أقسام وهي: تجارة تجزئة، تجارة جملة، تصنيع وخدمات. أما التجارة فكانت، كما ذكرنا سابقاً، وظيفة أساسية في مدن ما قبل الثورة الصناعية ولكن ما يميز المدن الصناعية هو عمليات الصناعة وارتفاع مستوى الخدمات. ويرتفع معدل استهلاك الوقود والغذاء والمعادن للفرد في المدن الصناعية عن المدن القديمة، كما ارتفع معدل انسياب المواد الخام من مناطق إنتاجها إلى المدينة بمعدلات عالية.

ارتفع أيضاً معدل الزيادة في انسياب المواد والخدمات من المدينة إلى الضواحي (مناطق الزراعة والتعدين)، وتنامت التقنيات للحصول على الطاقة من مصادر متعددة خلاف الفحم مثل الطاقة المستخرجة من البترول والغاز الطبيعي والطاقة النووية... إلى آخره. وظهرت الميكنة الزراعية والكيماويات الزراعية (المبيدات والأسمدة) مما أدى إلى ثورة زراعية، ومن هنا ارتفعت درجة انسياب الأغذية والمواد الخام من القرى والضواحي إلى المدينة وارتفع أيضاً معدل انسياب

الطاقة والمواد من المدينة إلى الضواحي في صورة ماكينات ومواد كيميائية للزراعة... إلى آخر القائمة. ومن ثم فقد ارتبطت المدن بالضواحي بشكل أكثر تعقيدا وخاصة في الأعوام الأخيرة. ونتيجة ذلك ظهرت مشاكل بيئية خاصة بالمدن وأخرى خاصة بالضواحي ومن تلك المشاكل التخلص من النفايات في المدن والتخلص من بقايا المبيدات ومخلفات التعدين في البيئة الزراعية والضواحي ولكن النظام البيئي في الريف لا يمكنه التخلص من المخلفات بنفس الكفاءة في النظام البيئي للمدن.

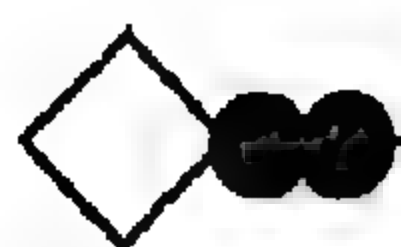
وعموما يمكن القول بأن المدن الصناعية الحديثة أو المتطورة تتميز بكثافة سكانية عالية ومعدلات أكثر في الاستهلاك، وخاصة الطاقة الكهربائية. والصناعات الثقيلة علامة مميزة في مدن شمال أمريكا ووسط أوروبا ولها تأثيرات بيئية ضارة على النظام البيئي البشري وأيضا النظام البيئي الطبيعي.

٥- بيئة المسطحات Landscape Ecology:

١- مقدمة Introduction:

يهتم علم المسطحات البيئية Landscape Ecology بدراسة غو وديناميكية تغاير الخواص (عدم التجانس) في حيز معين Spatial Heterogeneity، وتبادل التفاعلات الزمانية والمكانية (الفراغية) في المسطحات متغايرة الخواص، وتأثير عدم التجانس المكاني على العمليات الحيوية وغير الحيوية، وأخيرا إدارة التغير أو عدم التجانس لصالح وبقاء المجتمعات، ومن ثم، فإن هذا العلم هو فرع متكامل من الدراسة يزاوج النظريات البيئية بالتطبيق العملي.

إن لفظ المسطحات Landscape يعني تكاملا بين البشر والطبيعة (Colow, 1999)، فهذا اللفظ في قاموس ويبستر يعني أشكال الأرض أو المسطحات (Land Scape = Land forms) في منطقة معينة. ويبدو أن هذا الفرع من العلوم البيئية قد بدأ ظهوره في منتصف الثلاثينيات من القرن الماضي حيث أعطى علماء البيئة أول تعريف لهذا العلم.



بدأ علم المسطحات فى شمال أمريكا فى الثمانينيات من القرن الماضى مع تكون الرابطة الدولية لبيئة المسطحات International Association for Landscape Ecology-IALE وعقد اللقاء الأول للرابطة فى جامعة جورجيا فى يناير عام ١٩٨٦ ، وتلى ذلك ظهور أول عدد من مجلة بيئة المسطحات "Landscape Ecology" عام ١٩٨٧ . وهناك العديد من المراجع التى عالجت علم بيئة المسطحات ومن أهمها :

Naveh and Lieberman, 1984; M. G. Turner, 1987; Hansen and Castri, 1992; Forman, 1997; Barrett and Peles, 1999; Klopatek and Gardner, 1999; M. G. Turner et al., 2001;

ويلاقى الآن علم المسطحات البيئية قبولا عاما من علماء البيئة كفرع من علوم البيئة الحديثة يعالج العلاقة بين الإنسان والمسطحات الطبيعية والمنشآت التى يقيمها البشر اعتمادا على التكنولوجيا Human-built Technolandscapes . ويمدنا هذا الفرع من علوم البيئة بالأسس العلمية لمجالات عديدة مثل التصميم والتخطيط والإدارة والحماية وحفظ الأنواع وإدارة الأراضى وغيرها من الموضوعات المرتبطة بالمسطحات . إن تغير المسطحات لا يعزى فقط إلى العلاقات والعمليات الطبيعية فى النظام البيئى ، ولكنه يعزى أيضاً إلى عمليات أو عوامل اجتماعية وسياسية واقتصادية .

٢- عناصر المسطحات Landscape Elements :

تتركب فسيفساء (مجموعة عناصر) Landscape Mosaic المسطحات من ثلاثة عناصر رئيسية وهى : أنسجة المسطحات Landscape Matrices ، ورقع أوقطع المسطحات Landscape Patches ، وأرصفة أو ممرات المسطحات Landscape Corridors .

أنسجة المسطحات Landscape Matrix هى عبارة عن مساحة واسعة من الأنظمة البيئية المتشابهة أو الكساء النباتى المتشابه (مثل البرارى أو الغابات أو المناطق الزراعية الشاسعة) ، وتنظم الرقع والأرصفة فى أنسجة المسطحات البيئية

Landscape patches and corridors are embedded in the matrix (المساحات الواسعة) تأوى أرصفة ورقع. والرقعة هي منطقة متجانسة نسبياً ولكنها تختلف عن النسيج المحيط بها (مثل غابة طبيعية صغيرة في وسط مساحات زراعية شاسعة). والرقعة تختلف عن النسيج المحيط بها، فهي إما أن تكون عالية الجودة أو منخفضة الجودة تبعاً للكساء النباتي في الرقعة أو نوعية النبات أو تركيب المجتمعات الحية في الرقعة.

أرصفة المسطحات Landscape Corridors: هي عبارة عن أشرطة تختلف عن النسيج وهي إما أن تكون موجودة بشكل طبيعي أو مصممة لربط «رقع» ذات بيئة متشابهة، فعلى سبيل المثال يمكن اعتبار أحد الجداول بالكساء النباتي الذي ينمو على ضفافه رصيف طبيعي للمسطحات الطبيعية. وغالباً ما تتشابه المجتمعات النباتية في الرصيف ولكنها تختلف عن النسيج المحيط بها (ومن هنا يمكن تميز الأرصفة عن الرقع داخل نسيج المسطحات الطبيعية).

يمكن النظر إلى فسيفساء المسطحات Landscape Mosaic على أنها منطقة غير متجانسة تتكون من تجمعات من المجتمعات الحية والأنظمة البيئية المختلفة. كل نسيج Matrix في الفسيفساء يتكون من أنظمة متشابهة في الوظيفة والمنشأ. وكما ذكرنا، الرقع، "Patches" هي مناطق متجانسة نسبياً ولكنها تختلف عن النسيج المحيط بها. وهناك العديد من أنواع الرقع الطبيعية والصناعية (من صنع الإنسان) تتواجد عبر المسطحات المختلفة، فعلى سبيل المثال يمكن أن نجد مدينة سكنية (رقعة) محاطة بنسيج من الغابات الطبيعية.

أما أرصفة المسطحات Landscape Corridors، فيمكن تقسيمها إلى عدة أنواع كما يلي عن (Odum & Barrett, 2005):

أ- بواقي (أثار) أرصفة Remnant Corridors:

وهي تتكون عند إزالة معظم الكساء النباتي باستثناء شريط ضيق يحتوي على نباتات طبيعية، ولها أهمية في تعليم البيئة للطلاب وأيضاً تساعد على تكاثر بعض الأنواع.



ب- أرضفة إقلاق :Disturbance Corridors

ومن أمثلتها خطوط الكهرباء الممتدة مئات أو آلاف الكيلومترات فى النظام البيئى الطبيعى (أعمدة كهرباء ممتدة فى غابة) أو طرق ممهدة فى غابات أو ممرات من صنع الإنسان فى أنظمة بيئية طبيعية، وبالرغم من أن تلك الأرضفة تتميز عن البيئة الطبيعية، وتقلل من تجانس المسطحات وتكون بمثابة حواجز تحد من حركة بعض الأنواع إلا أنها قد تعطى مميزات نسبية لبعض الأنواع، فعلى سبيل المثال بعض أنواع الطيور تستعمل أعمدة الكهرباء لإقامة أعشاشها (أماكن توالد)، وأيضاً قد تساعد أرضفة الإقلاق على انتشار وحركة أنواع أخرى.

ج- الأرضفة المزروعة :Planted Corridors

وهى أشرطة من الكساء النباتى يزرعها الإنسان لخدمة أغراض بيئية واقتصادية، ومن أمثلتها الأشجار التى تزرع فى المناطق الصحراوية المستزرعة كمصدات للرياح مثل أشجار الكازورينا والكافور وغيرها.

د- أرضفة مصادر :Resource Corridors

وهى أرضفة من الكساء النباتى الطبيعى تمتد لمسافات طويلة عبر المسطحات مثل امتداد شريط من الأشجار لمسافات طويلة على حدود جدول أو نهر، ولهذه الأرضفة أهمية بيئية وفوائد عديدة، ومن بينها الإبقاء على التنوع البيولوجى الطبيعى، وهى يمكن أيضاً أن تجعل البيئة المحيطة أكثر صلاحية للعمليات الزراعية.

هـ- أرضفة تستعيد عافيتها :Regenerated Corridors

هى تنشأ من إعادة نمو رصيف من الكساء النباتى بعد تدمير الرصيف الأصى نتيجة عوامل بيئية، وتسكن الطيور هذه الأرضفة كما تساعد على نمو تلك الأرضفة من خلال ميكانيكيات انتشار البذور عن طريق حركة الطيور، كما أنها تعتبر مأوى للأعداء الطبيعية للآفات (الأعداء الطبيعية هى أنواع من الكائنات الحية تفترس أو تتطفل على الآفات الزراعية).



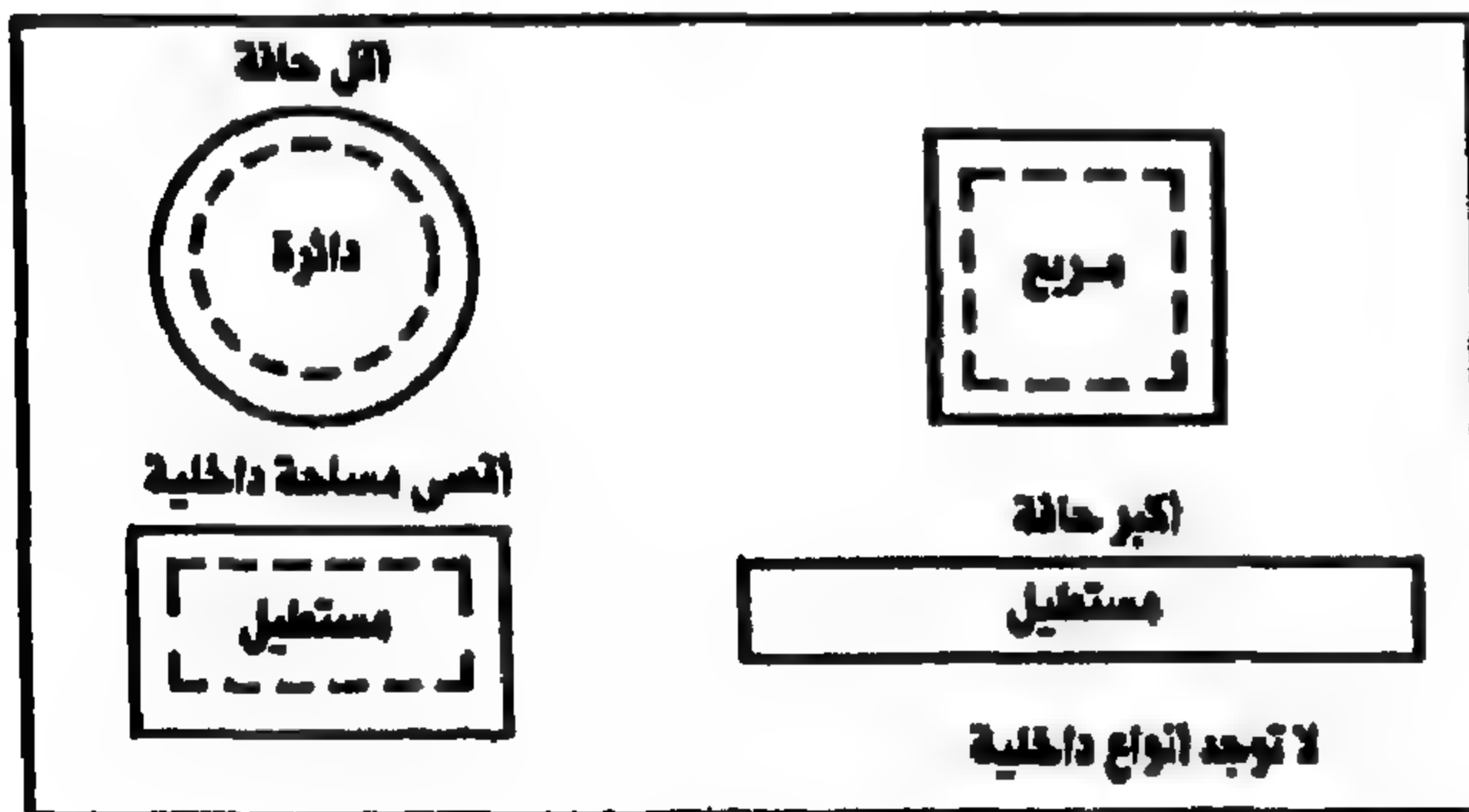
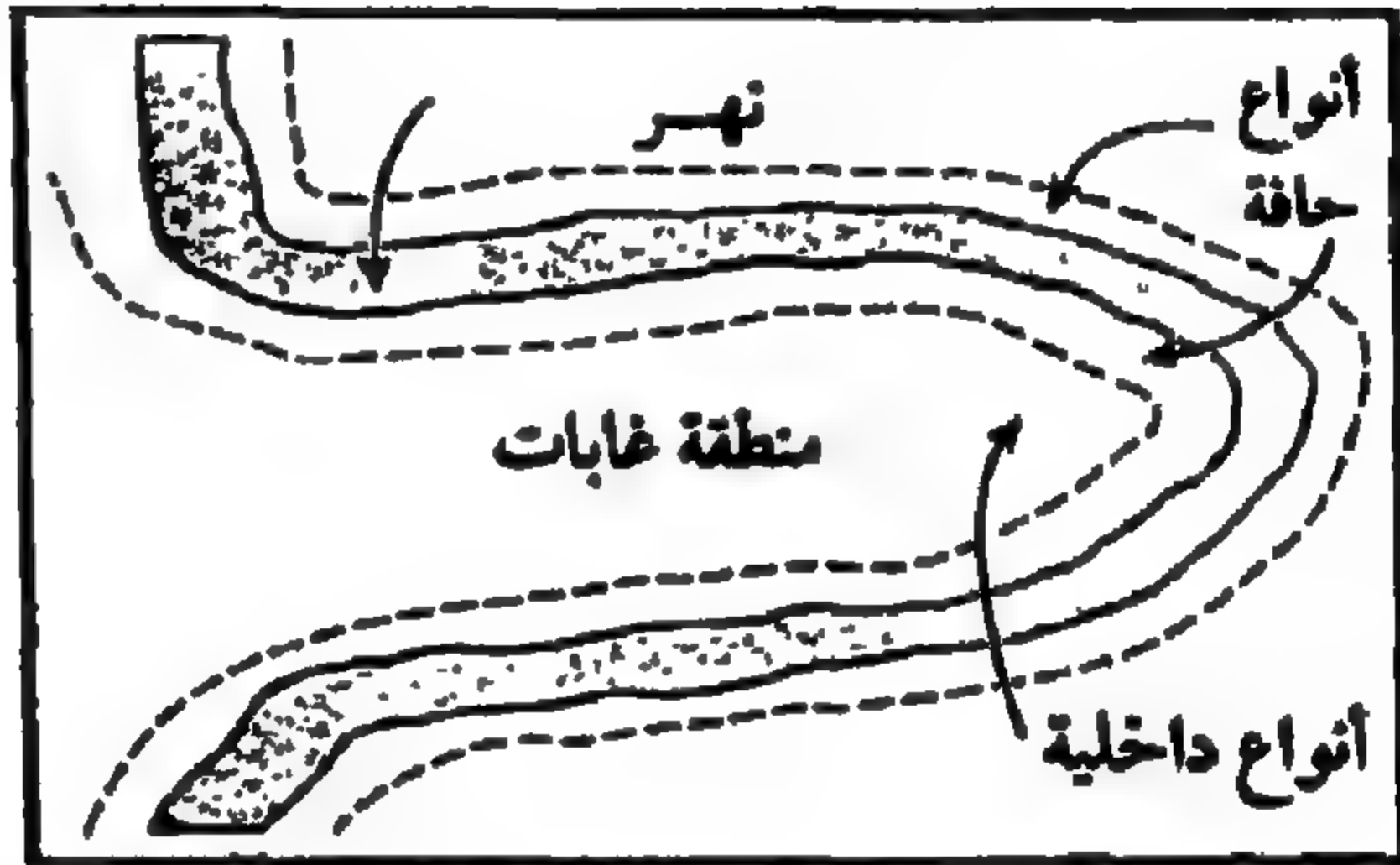
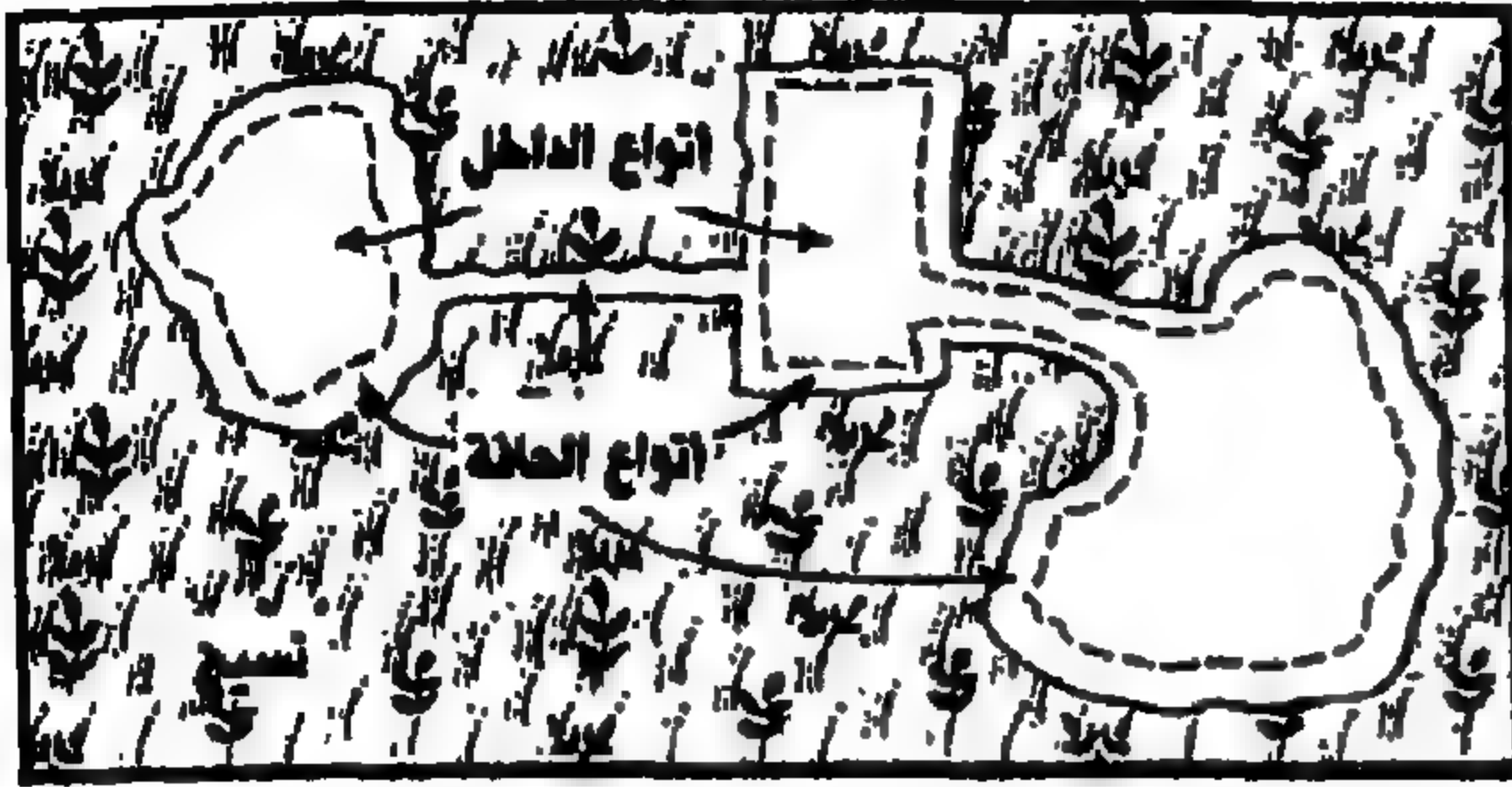
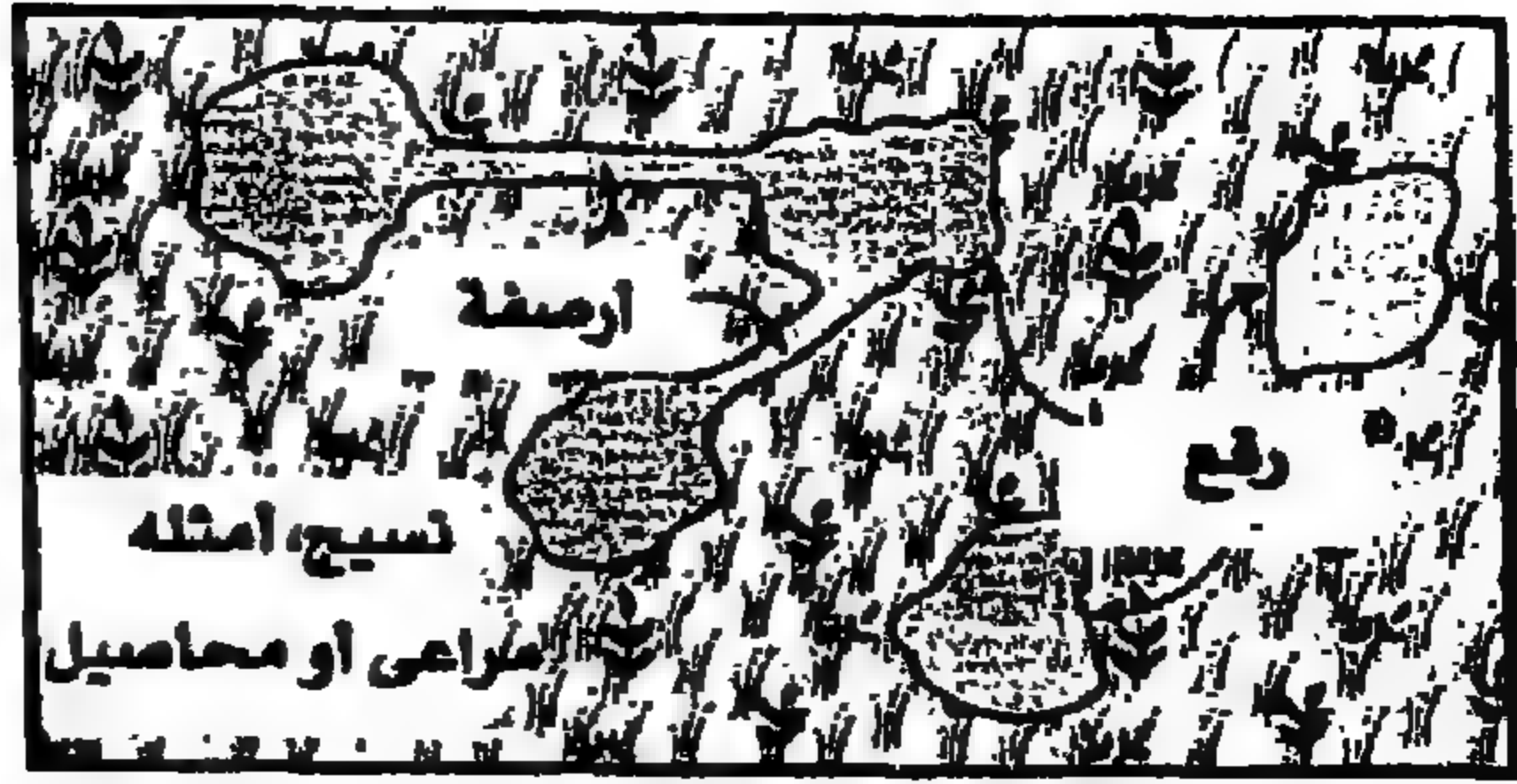
٣- هندسة المسطحات :Landscape Geometry

يؤثر حجم وشكل المسطحات على مدى التنوع الحيوى وعلى قدرة الأنواع على الانتشار وعلى سلوك الكائنات الحية وكثافتها، وأوضحت العديد من الدراسات الحديثة الدور الذى تلعبه هندسة المسطحات فى انتشار وتوزيع وتكاثر الحيوان والنبات.

لقد أصبح واضحاً الآن لدى علماء البيئة أن هناك علاقة بين التنوع وكثافة الأهلآت (العشائر أو المجتمعات) وحجم النظام البيئى، وقد أوضح (Harris, 1984) أن حفظ التنوع الإحيائى يعتمد على حجم الرقعة فى المسطحات، كما وجد (Harper et al., 1993) أن شكل أو هندسة الرقعة Patch فى المسطحات يؤثر على ديناميكية أهلات بعض الأنواع.

ويلخص شكل (١٦-أ) العناصر البيئية لموزاك «فسيفساء» (Mosaic) المسطحات وهى الرقع، الأنسجة، الأرضفة Patches, Matrices and Corridors. ويعطى شكل (١٦-ب) إيضاحاً لتأثير كثافة الأنواع الداخلية، التى تستوطن داخل النظام البيئى، Interior Species، وأنواع الحواف Edge Species، التى تعيش على حواف أو أطراف النظام البيئى، بحجم وشكل الرقع والأرضفة، وعلى الرغم من أن الرقعتين فى شكل (١٦-ب) تتصلان برصيف إلا أن هذا الرصيف، بالرغم من أنه ضيق، فإنه لا يسمح للأنواع الداخلية بالتحرك بين الرقعتين. ومن أنواع الطيور التى تعيش على الحافة العصفور الأزرق (Bluebird)، وهو طائر شمال أمريكى، ومن أمثلة الطيور الداخلية طائر نقار الخشب Wood pecker، ويعطى شكل (١٦-ج) إيضاحاً لتواجد وتوزيع الأنواع على الحافة وفى القلب لغابة على شكل شبه جزيرة، ومن الشكل (١٦-د) تتضح أهمية شكل الرقعة حيث إن الرقعة الدائرية تعطى مساحة أكبر من البيئة للأنواع الداخلية، بينما الرقعة الضيقة الطويلة تعطى فرصة أكثر لأنواع الحافة.

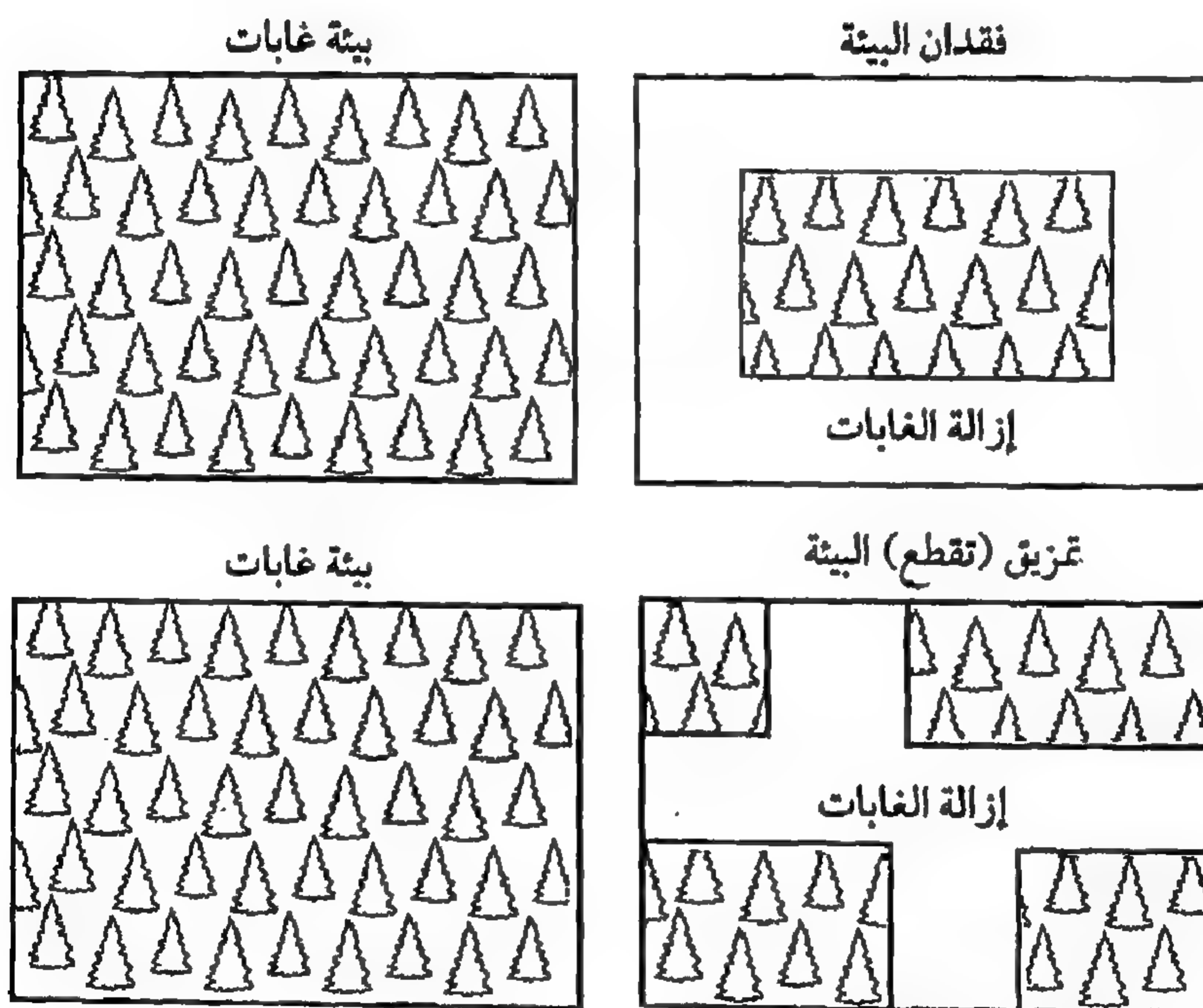




شكل (١٦): أ - عناصر المسطحات (الرقع - الأرضية - النسيج).
 ب - الكثافة النسبية لأنواع الداخل وأنواع الحافة في الرقعة والرصيف.
 ج - غابة على شكل شبه جزيرة.
 د - مثال لإيضاح تأثير شكل الرقع (مستطيل أو دائري) (عن Odum and Barrett, 2005).



لقد أصبح مؤكدا اليوم أن تمزيق المسطحات أدى إلى إحداث فسيفساء من المسطحات تعاني من تغيرات وعشوائية في عناصرها (النسيج، الأرصفة، الرقع) وهذه التغيرات أدت إلى تمزيق البيئة وتمزيق المسطحات قد يحدث بصورة طبيعية أو نتيجة تدخل بشري، ولكنه في النهاية يؤثر على التنوع وتعداد كل نوع وعلى التوازن بين أنواع الحافة والأنواع الداخلية، ويوضح شكل (١٧) الفرق بين فقد البيئة Habitat Loss. وتمزيق البيئة Habitat Fragmentation، ونتيجة لذلك ظهر مفهوم الاستدامة Sustainability وهذا المفهوم له عدة تعريفات، ولكنها تؤدي جميعا إلى نفس المعنى وهو «إبقاء المصادر» Maintenance of Resources سواء كانت مصادر فيزيائية أو بيولوجية.



شكل (١٧): توضيح الفرق بين فقد البيئة وتمزيق البيئة، وهو في النهاية يؤدي إلى تقليص المدى الجغرافي الذي يعيش فيه النوع (Home range)، بالإضافة إلى التأثيرات المذكورة سابقا (عن Odum & Barrett, 2005).

٤- المسطحات والمجتمعات العمرانية (المجتمعات البشرية):

ناقشنا أنماط المجتمعات البشرية (مجتمع القنص والصيد، المجتمعات الزراعية، والمجتمعات العمرانية الصناعية... إلى آخره)، وسوف نعطي امتداداً لهذا الموضوع من خلال الحديث عن المسطحات التي تم تطويعها والتي يمكن أن نطلق عليها مسطحات مستأنسة أو مدجنة أو اصطناعية Domesticated Landscapes.

لقد قام البشر بتغيير الظروف البيئية في الغالبية العظمى من المراعى المعتدلة، ويميل الإنسان بطبيعته إلى إعطاء ملامح خاصة للبيئة التي يقطنها، وعلى سبيل المثال، عندما يقطن البشر مراعى طبيعية ويحولونها إلى مدن يقيم الإنسان أشجارا حول المنازل ويقيم أيضاً قرى ومزارع، وتنتشر في المراعى "Patches" من الغابات التي زرعها البشر، وفي نفس الوقت عندما يستوطن الإنسان غابة فإنه يقوم بقطع الأشجار ليحل محلها مناطق خضراء مزروعة وشبيهة بالمراعى، وأيضاً يقيم مناطق زراعية، وكل هذا يبدو غير متجانس مع النظام البيئى الأصيلى للغابة. والعديد من أنواع النبات والحيوانات البرية يمكنها أن تستمر بالقرب من مساكن الإنسان بالإضافة إلى النباتات المزروعة والحيوانات الداجنة. وعلى سبيل المثال، نجد العديد من الطيور البرية غيرت بيئاتها الطبيعية وأصبحت تعيش فى مناطق حياة الإنسان فى المدن والحدائق هرباً من مصير الانقراض بعد إزالة البيئة الطبيعية. هذا إضافة إلى الأنواع التى تتداخل مع بيئة الإنسان وتعتبر آفات للمناطق السكنية أو المدن مثل بعض أنواع القوارض واللافقاريات (النمل - البعوض - الذباب... إلى آخر القائمة).

١- النظام البيئى الزراعى Agroecosystem:

النظام البيئى الزراعى Agroecosystem هو نظام اصطناعى وهو يحتل مكانة متوسطة بين الأنظمة البيئية الطبيعية مثل المراعى والغابات والأنظمة المخلقة مثل المدن (Odum, 1997; Barrett et al. 1999). ويتشابه النظام البيئى الزراعى مع النظام البيئى الطبيعى فى أن كليهما يستمد طاقته الأساسية من الشمس (عملية

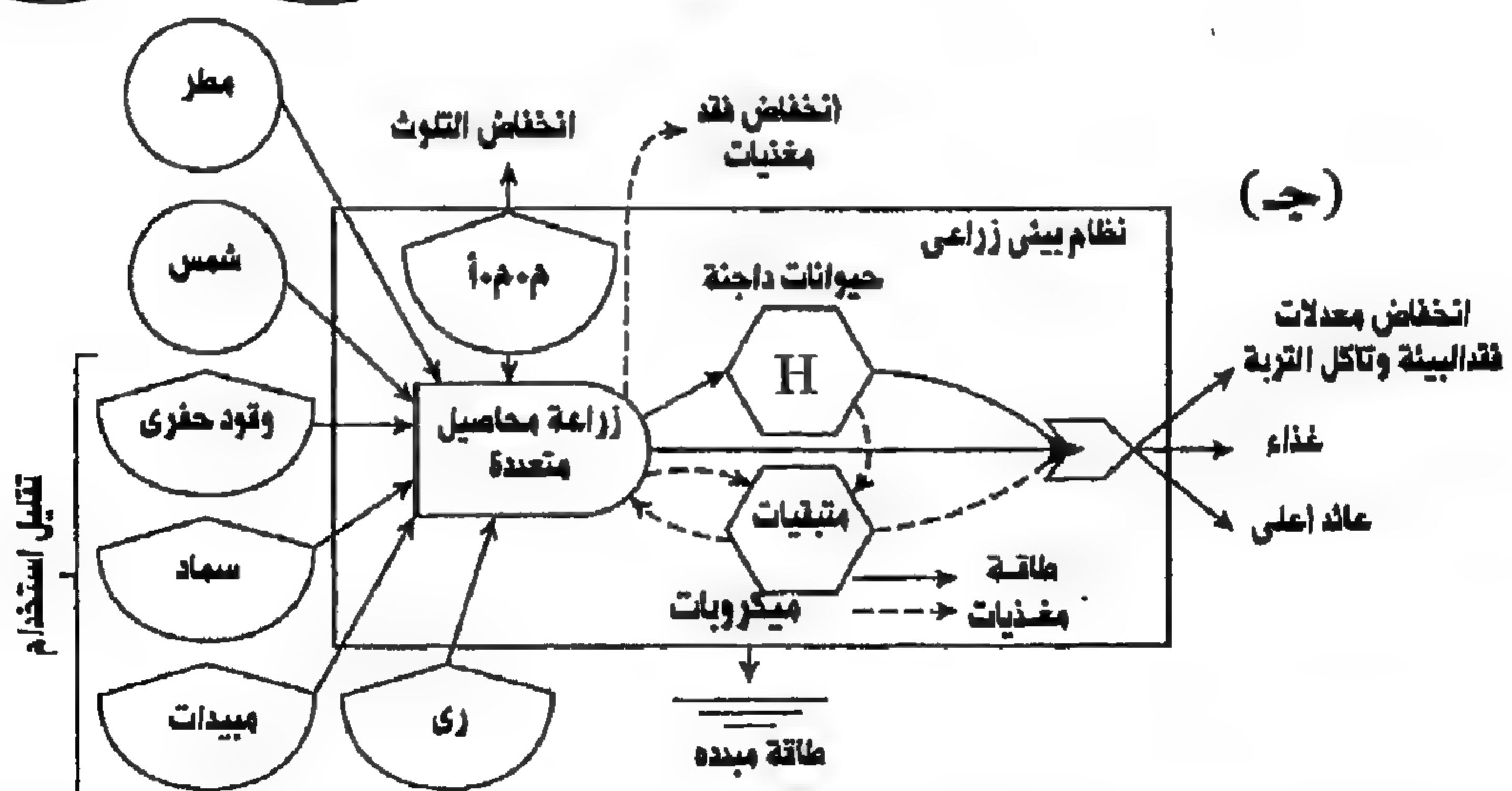
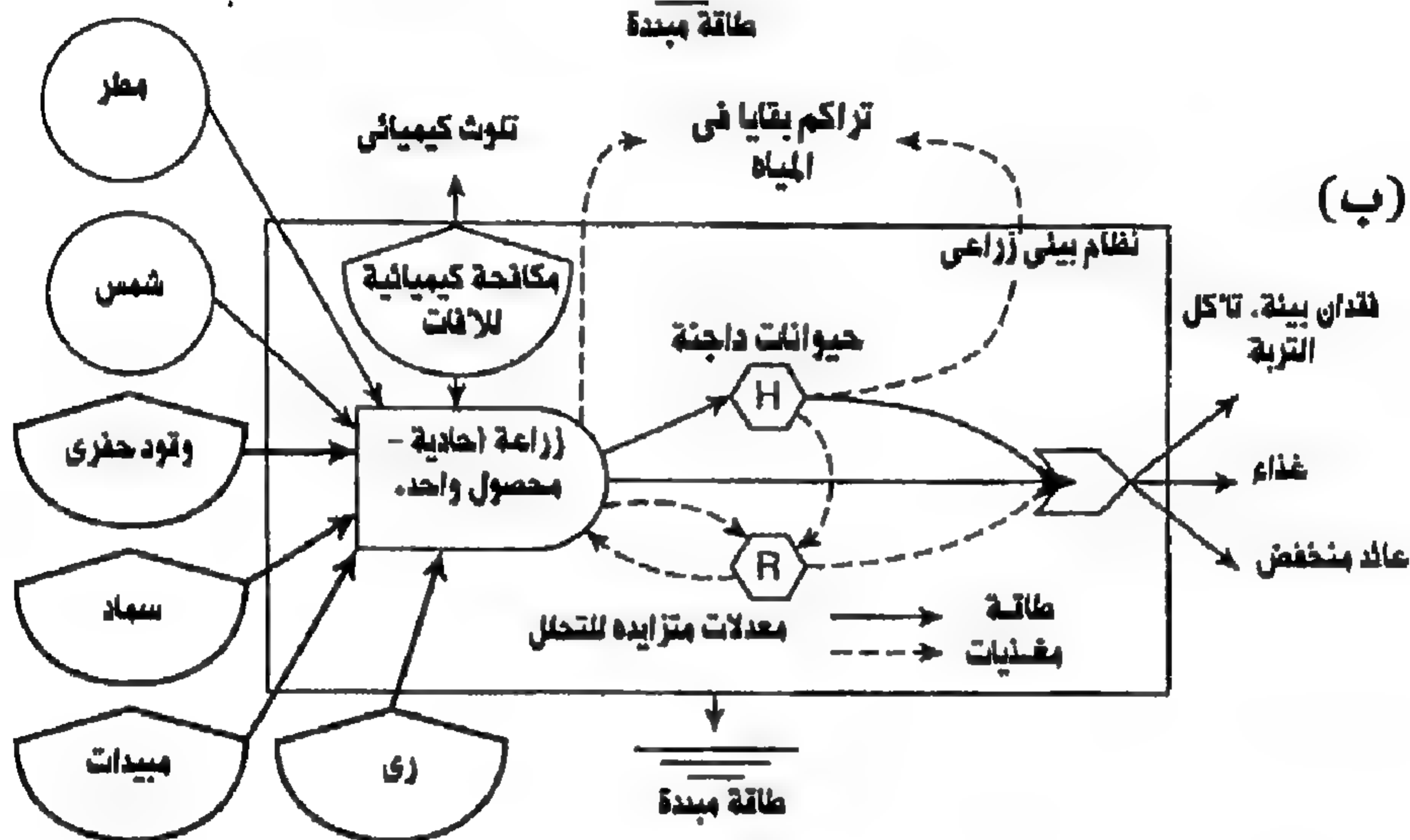
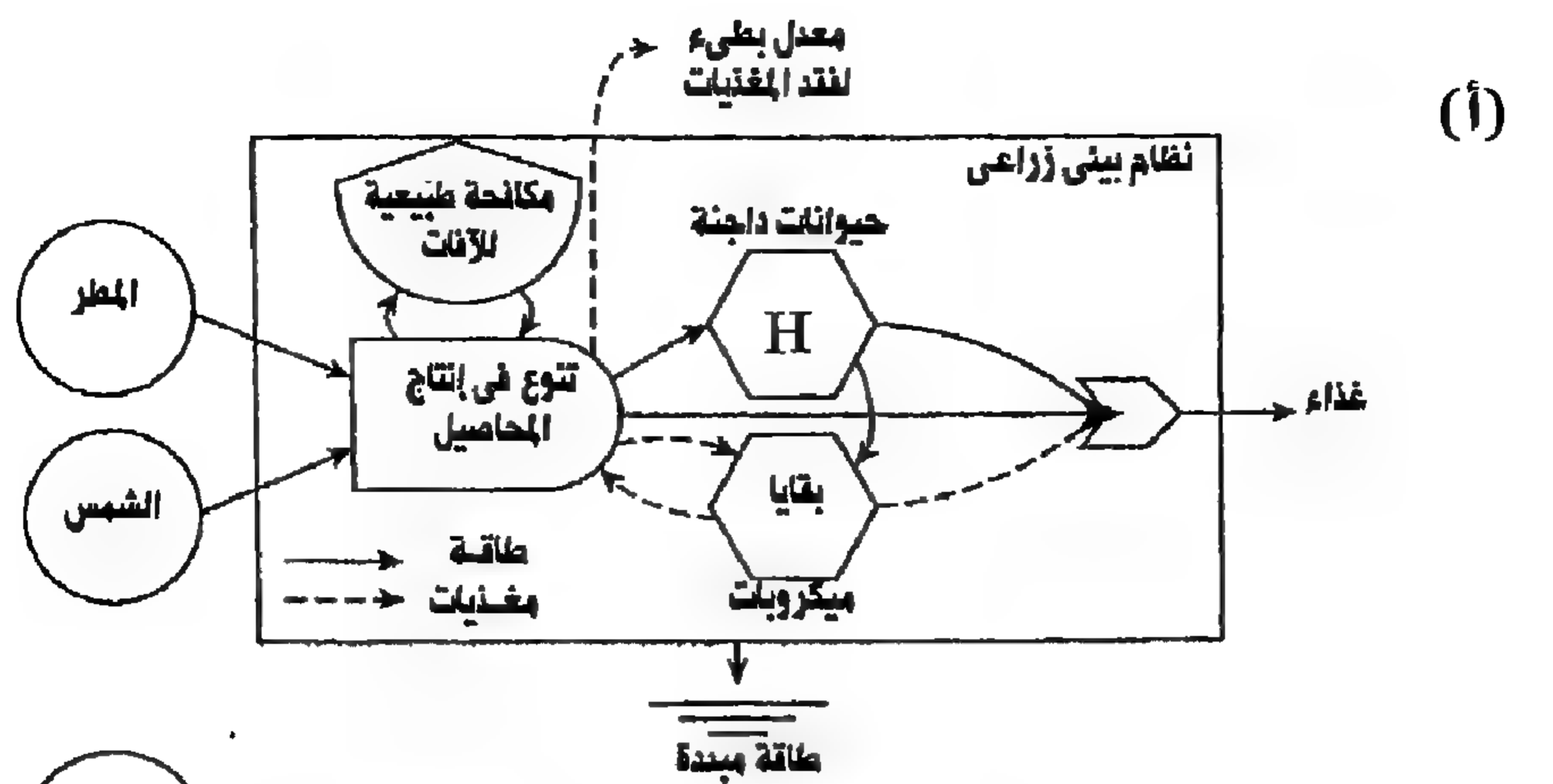
البناء الضوئى فى النبات)، ولكن النظام الطبيعى يمد البشر بالوقود (الفحم - البترول - الغاز الطبيعى - العناصر ذات النشاط الإشعاعى.....)، وأيضاً العناصر اللازمة للبناء والصناعة..... إلى آخره.

ناقشنا فى هذا الفصل الشبكة الغذائية للإنسان فى المجتمعات أو الأنظمة البيئية المختلفة للإنسان (مجتمع القنص والصيد، مجتمعات ما قبل الصناعة - راجع أشكال ١١، ١٢، ١٣، ١٤)، ويوضح شكل (١٨) مراحل نمو الزراعة. ويلاحظ من الشكل أن مجتمع ما قبل الزراعة يعتبر قريباً من النظام البيئى الطبيعى (بدون استخدام وقود حفرى أو أسمدة أو مبيدات) (شكل ١٨-أ). ونلاحظ أن المخرج (المنتج) عبارة عن طاقة مفقودة (وهو شئ طبيعى)، مع معدل بطيء لفقد المغذيات.

والمرحلة الثانية (شكل ١٨-ب) فهى مرحلة المجتمع الزراعى الصناعى وهذه المرحلة لا تزال تمر بها العديد من الدول الآخذة فى النمو مثل مصر حيث نجد أن المجتمعات الزراعية أو الأنظمة البيئية الزراعية تستخدم الوقود الحفرى (مثل الغاز الطبيعى أو البوتوجاز) وتستخدم كمّاً كبيراً من المبيدات والأسمدة، ونجد أن المخرجات هنا عبارة عن تلوث كيميائى بالمبيدات وتدهور مستجمعات (كتل) المياه وفقدان البيئة الطبيعية وتدهور التربة وقلة العائد الزراعى (شكل ١٨-ب).

أما المرحلة الثالثة (شكل ١٨-ج) فهى مرحلة التنمية الزراعية المستدامة أو الزراعة المستدامة وهى تتميز بعض الدول المتقدمة، وهنا نجد أن استخدام طرق المكافحة المتكاملة للآفات والتقنيات الزراعية الحديثة أدى إلى خفض مستويات التلوث وخفض فى مستوى فقد المغذيات (العناصر الغذائية) من التربة كما أدى أيضاً إلى انخفاض فى معدلات تآكل التربة وفقدان البيئة الطبيعية وأخيراً زيادة الإنتاجية أو العائد الزراعى.





شكل (١٨): مراحل النظام البيئي الزراعي. أ- مرحلة مجتمع ما قبل الصناعة - ب- المجتمع الزراعي الصناعي - ج- مرحلة الزراعة المستدامة مع استخدام المكافحة المتكاملة للآفات (م.م.أ) عن (Odum and Barrett, 2004) (راجع رموز أودام - الفصل الرابع).

٢- الأنظمة التكنولوجية Technoecosystems

أ- دعم الحياة Life Support:

عند بداية تكوين الكرة الأرضية لم تكن صالحة لدعم الحياة، فبعد انفصال كواكب المجموعة الشمسية كانت درجة الحرارة شديدة الارتفاع، ثم حدث انخفاض بطيء وتدرجى فى درجة الحرارة وبعد ذلك تكون الغلاف المائى بالبرغم من أن عمر الأرض يتجاوز ستة آلاف مليون سنة، إلا أن الحياة لم تظهر فى صورتها البدائية إلا منذ حوالى ألفى مليون عام تقريباً (والبعض يقدر الفترة بثلاثة آلاف مليون عام)، وتلك هى أقصى حدود معرفة العقل البشرى لبداية الحياة على الأرض، فى البداية لم يكن الغلاف الجوى مؤكسجاً (الهواء لا يحتوى على الأكسجين) واستطاعت بعض الكائنات البدائية أن تحيا فى هذه الظروف مع بداية تكون الحياه (غلاف جوى غير محتوى على الأكسجين، أشعة فوق بنفسجية قاتلة، غازات شديدة السمية، وتغيرات حادة فى المناخ). تلك الظروف البيئية، شديدة القسوة، تسبب الهلاك للكثير من الكائنات الحية المعروفة اليوم.

وبعد مرور ملايين السنين على بدء ظهور الحياة بدأت بعض الأنواع البدائية القادرة على عملية البناء الضوئى فى الظهور مما أدى إلى تصاعد غاز الأكسجين (نتيجة عملية البناء الضوئى)، وبالتدرج، وعلى مر الملايين من السنين، تحول الغلاف الجوى إلى غلاف مؤكسج (محتوى على أكسجين) مما مهد لظهور أنواع من الكائنات تستخدم الأكسجين فى التنفس. والآن نستطيع أن نتنفس الأكسجين ونعيش فى بيئة داعمة للحياة (غلاف جوى محتوى على الأكسجين وغازات أخرى بنسب صالحة للحياة، تجمعات مياه صالحة للشرب، نباتات تستخدم الطاقة الشمسية للإنتاج الابتدائى، دورات للمياه والتروجين . . . إلى آخره) وذلك نتيجة لعمليات بيولوجية من ملايين الأنواع السابقة وآلاف العمليات والتفاعلات التى تحفظ ظروف كوكب الأرض بيئة صالحة للحياة. ولكننا البشر - نحاول أخذ أكثر المكاسب الممكنة من الطبيعة ونستغل المصادر لأقصى درجة ممكنة



لأننا لم نبذل جهداً ولم ندفع مالا حتى يصبح كوكب الأرض على هذه الصورة الصالحة.

والآن يمكننا أن نقر بأن بيئة دعم الحياة Life-support Environment (المكونات والظروف التي تدعم وجود الكائنات الحية) نشأت خلال شبكة معقدة من العمليات البيولوجية والكيميائية عبر ملايين السنين. ويبقى الآن سؤال بلا جواب واضح: هل يمكن أن ينهار نظام دعم الحياة نتيجة سوء تعامل البشر مع الطبيعة في كافة صورها؟

لو أنك سافرت بالطائرة من القاهرة إلى نيويورك، على سبيل المثال، ونظرت من النافذة فسوف ترم على البحر المتوسط وعلى كتلة هائلة من الماء وهي المحيط الأطلنطي وسوف ترى أيضا العديد من البحيرات والأنهار وغير ذلك. وتلك الكتل المائية هي جزء هام من نظام دعم الحياة على الكرة الأرضية (فالماء يتبخر من المحيطات والبحار ثم يسقط مطرا ليعود إلى الأنهار في صورة عذبة تستخدم لنمو وبقاء النبات وكافة صور الحياة، هذا فضلا عن الوظائف البيئية الأخرى للغلاف المائي). وإذا نظرت إلى اليابسة فسوف ترى مسطحات طبيعية Natural Landscapes مكونة من غابات ومراعى طبيعية وهي جزء أساسى من نظام دعم الحياة (فالنبات يمد الغلاف الجوى بالأكسجين الذى تعتمد عليه جميع صور الحياة، فضلا عن أن النبات هو المنتج الابتدائى الرئيسى وعليه تعتمد باقى الأنواع فى الحصول على الغذاء)، إما إذا حلقت الطائرة فوق أماكن يستوطنها البشر فسوف ترى مسطحات متقطعة وعشوائية مكونة من حقول وقرى ومدن وطرق ممتدة لمئات الكيلومترات وما نراه من أعلى يمكن تقسيمه، وكما ذكر (Odum, 1997) إلى ثلاثة أنواع من المسطحات: هي بيئات طبيعية (Natural Sites) وبيئات مخلقة (أو مسطحات أو بيئات مستأنسة Domesticated Sites وهي تنقسم إلى بيئات زراعية Cultivateal Sites وبيئات حضرية Developed Sites والأخيرة تشمل على المدن والمناطق الصناعية وأرصعة النقل مثل الطرق الطويلة وطرق القطارات والمطارات.



إن المدن والمناطق الصناعية والأرصقة (مثل الطرق السريعة وطرق السكك الحديدية والمطارات) تعتبر من وجهة النظر البيئية بيئات مخلقة أو مصنعة (Fabricated or developed environments). وهى بيئات مستخدمة أو معتمدة فى بقائها على الطاقة (Odum, 1997). وحتى اليوم أكثر الوقود المستخدم فى المدن أو الصناعة يعتبر وقوداً حفرياً (بتروى - فحم - غاز طبيعى)، وتلك المنتجات الطبيعية (الوقود) نشأت فى الأنظمة البيئية خلال الأزمنة الجيولوجية السابقة، وبالرغم من أن «الأنظمة البيئية السكنية - الصناعية» تحتل جزءاً صغيراً من سطح الكرة الأرضية بصفة عامة، إلا أنها تستهلك كمّاً هائلاً من الطاقة وتنتج مخرجات (نفايات) من الطاقة على شكل طاقة حرارية أو ملوثات، ومن ثم فإن لها تأثيرات بيئية سلبية على البيئة الطبيعية وأيضاً النظام البيئى الزراعى. فعلى سبيل المثال، نجد أن «كثافة الطاقة» أو «مكافئ الطاقة» "Energy Density" (وهى كم الطاقة المستخدم فى وحدة المساحة سنوياً) فى المناطق (المدن) الصناعية العمرانية يعادل (ألف ضعف) أو أكثر من كم الطاقة المستخدم فى الغابات الطبيعية، مع ملاحظة أن الطاقة المستخدمة فى النظام الطبيعى هى طاقة شمسية نظيفة تستخدم للإنتاج الابتدائى والثانوى (عمليات البناء الضوئى فى النبات وامتداد حركة الطاقة فى السلسلة الغذائية).

والمدينة لا تكتفى بإلقاء نفاياتها ومخلفاتها فى الضواحي (المناطق الزراعية - مناطق التعدين - المناطق الصناعية)، بل أنها تعتمد على الضواحي فى إمدادها بعناصر دعم الحياة (الطاقة - المواد الغذائية - المنتجات) وعموماً فقد اعتبر (Odum, 1997) أن المدن الصناعية المأهولة «بقع ساخنة» Hot Spots يتم دعمها بكم كبير من الطاقة.

والبيئة المستأنسة تشتمل على الأراضى الزراعية (شكل ١٩-أ) والأماكن الطبيعية المدارة مثل الغابات التى تدار بواسطة الإنسان أو المحميات الطبيعية (شكل ١٩-ب).



(أ)



(ب)



شكل (١٩): أ- مسطحات زراعية - ب- مسطحات طبيعية (غابة)



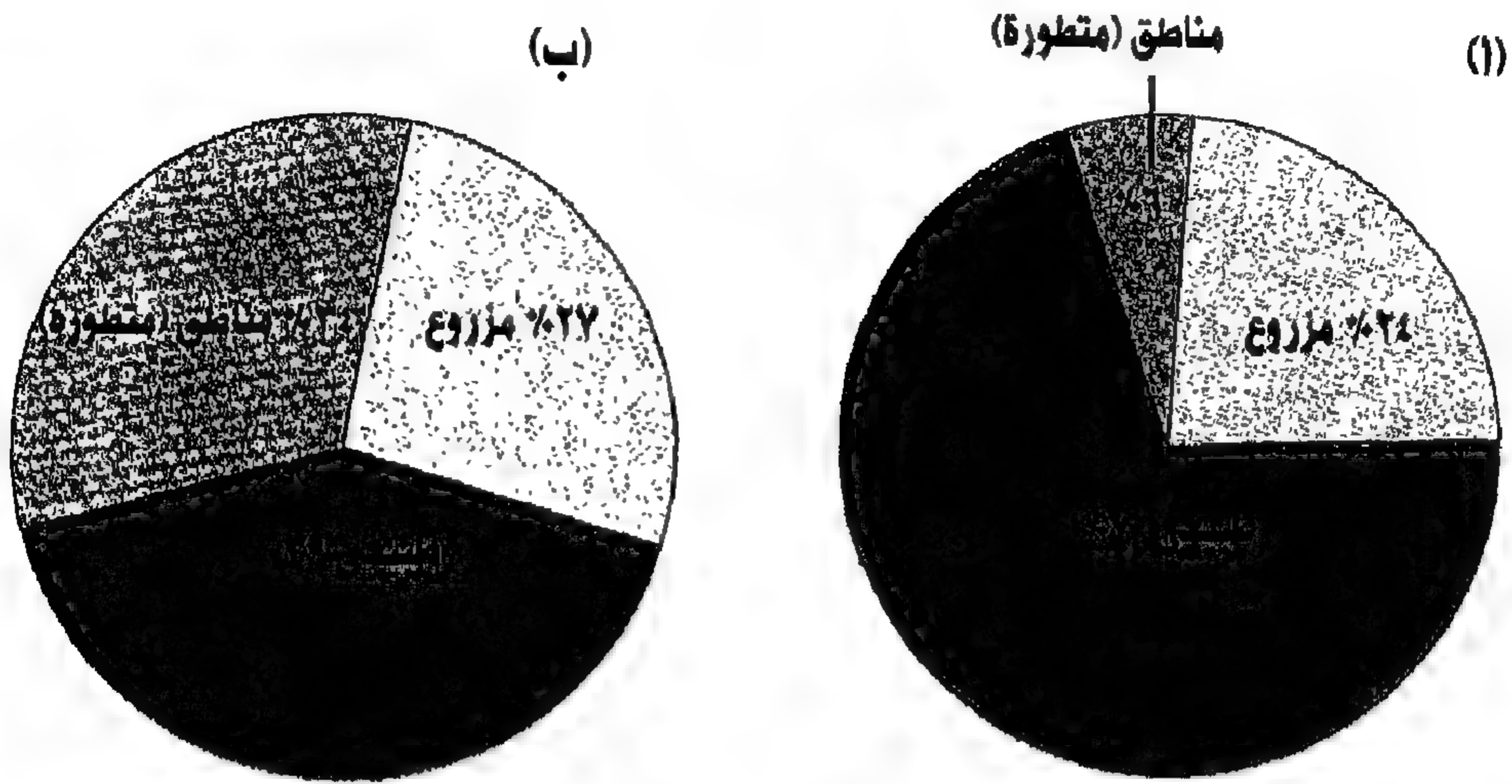
إن الدعم الذاتى "Self Supporting" والبقاء الذاتى هى خصائص تميز البيئة الطبيعية، فالأنظمة الطبيعية مثل الغابات أو النظام البيئى الصحراوى أو الأنظمة البيئية المائية تعتمد على نظام الطاقة الشمسية كمصدر رئيسى للطاقة لبقاء الحياة واستمرارية النظام، بالإضافة إلى قوى الطبيعة الأخرى مثل الأمطار والرياح وانسياب المياه وهى قوة مستمدة بطريقة غير مباشرة من الطاقة الشمسية، هذا بالإضافة إلى قوة الجاذبية الأرضية التى تلعب دورا فى حركة المياه وثبات أو حركة العناصر الأخرى. والخلاصة أن البيئة الطبيعية هى البيئة التى لا تحتاج إلى تدخل من الإنسان لإمدادها بالطاقة أو المواد بل هى مستمرة بشكل تلقائى (راجع الفصل ٢).

والبيئة الطبيعية لا تشتمل فقط على المناطق القفر Wilderness Areas، والتى يقطنها قلة قليلة من البشر، ولكنها تشتمل أيضا على الغابات والبرارى والأنهار وغيرها من التكوينات الطبيعية التى تتواجد عليها صور مختلفة من الحياة. وتجدر الإشارة إلى أن هناك بعض البيئات الطبيعية التى تدخل فيها الإنسان مثل المراعى الطبيعية أو الغابات تعتبر حتى اليوم أنظمة طبيعية طالما أن تدخل الإنسان لم يؤد إلى تغيرات فى تركيب ووظائف النظام (راجع الفصل السادس) وطالما أن تلك الأنظمة ما زالت ذاتية الدعم وذاتية الاستمرار (Self supporting and Self maintaining systems).

يوضح (شكل ٢٠) استخدام الأراضى فى الولايات المتحدة. ويلاحظ من الشكل أن المناطق المتطورة (المدن بأنواعها المختلفة) لا تتجاوز أكثر من ٦٪ من المساحة فى الولايات المتحدة، أما الأماكن الطبيعية فتتمثل حوالى ٧٠٪ من أراضى الولايات المتحدة والمناطق المزروعة تمثل ٢٤٪ من المساحة، ولكن المهم ما نلاحظه من الشكل (٢٠ - ب) والذي يوضح أن كثافة الطاقة أو مكافئ الطاقة (استخدام الطاقة لوحدة المساحة) فى المناطق المتطورة مثل المدن والمناطق الصناعية يعادل ٣٤٪ من إجمالى كثافة الطاقة فى جميع الولايات المتحدة، بالرغم من أن مساحة تلك المناطق لا تتجاوز ٦٪ من المساحة الكلية.

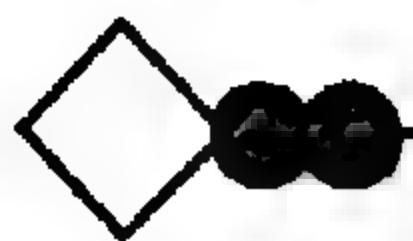


والجدير بالذكر أن مساحة الأراضي المستزرعة في مصر لا تمثل أكثر من ٣٪ من إجمالي المساحة. وإذا أخذنا في الاعتبار أن عدد سكان مصر يتجاوز ربع عدد سكان الولايات المتحدة والفارق الشاسع بين مساحة مصر ومساحة الولايات المتحدة، فسوف تشعر بمدى خطورة الموقف الناتج عن التعدي على الأراضي الزراعية وعدم جدية المشروعات الزراعية.



شكل (٢٠): استخدام الأراضي في الولايات المتحدة حتى عام ١٩٨٠
(أ) - وكثافة الطاقة في أراضي الولايات المتحدة الأمريكية (ب) - عن (Odum, 1997).

والآن يمكن تعريف «بيئة دعم الحياة» أو البيئة الداعمة للحياة (Life-support Environment) على أنها أي جزء من الكرة الأرضية، بكل ما يتضمنه من مكونات حية وغير حية، يمد صور الحياة المختلفة باحتياجاتها البيولوجية من الطاقة وعناصر استمرار الحياة بشكل تلقائي (الطاقة الغذائية - طاقة التدفئة - الهواء - الماء...). أما «نظام دعم الحياة» (Life Support system) فهو اصطلاح وظيفي يشير إلى "التفاعل" بين «العمليات» والظروف البيئية أو المحيط البيئي والكائنات الحية والمصادر، ذلك «التفاعل» هو الذي يؤدي إلى بقاء الحياة، أما لفظ «عمليات» (Processes) فيعني «عمليات» إنتاج الغذاء (عملية البناء الضوئي وتغذية الحيوان على النبات والعناصر في الطبيعة إلى آخر السلاسل



والشباك الغذائية) ودورات المياه وإدارة المخلفات وعمليات الصناعة). يتحكم الإنسان وسيطر على بعض هذه العمليات ولكن أكثرها عمليات طبيعية تستمد طاقتها من الشمس . والمصادر الطبيعية الأخرى، وتشتمل عمليات دعم الحياة على جميع أنشطة الكائنات الحية (الحيوانات - النباتات - الميكروبات . . .).

اعتبر (Odum, 1997) أن:

النظام الزراعى + النظام الطبيعى = أنظمة دعم الحياة

فالنظام الزراعى يمد البشر والمدينة باحتياجاتها من الغذاء والأنظمة الطبيعية (مثل الغابات والبحار والصحارى وغيرها) هى التى تدعم الحياة البشرية (فالنبات مثلا هو المسئول عن ثبات نسبة الأكسجين فى الغلاف الجوى، ومستجمعات المياه هى المسؤولة عن دوره الماء لإمداد البشر وغيرهم بالمياه العذبة . . . إلى اخره).

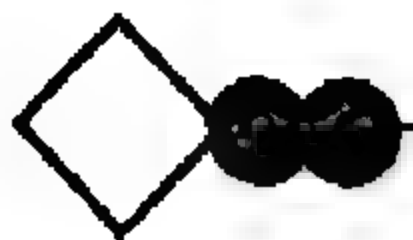
وبناء على ما تقدم فإن التدرج المنطقى فى الحديث وتتابع الموضوعات يضطرنا الآن إلى الحديث عن الأنظمة البيئية غير ذاتية التغذية (Heterotrophic ecosystems)

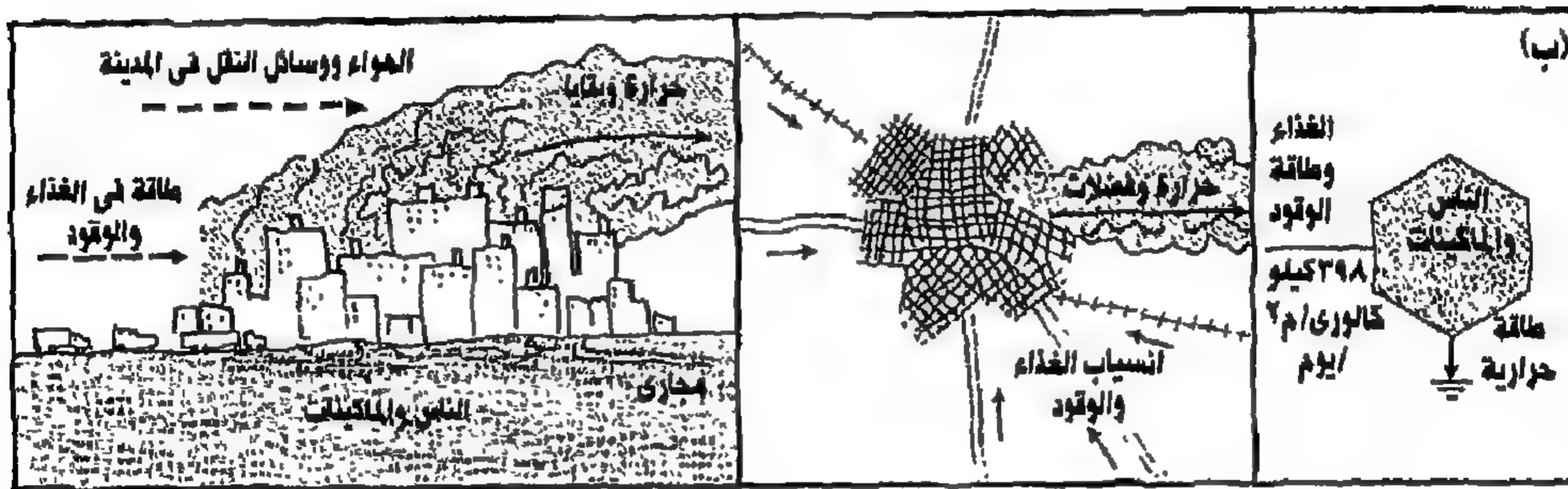
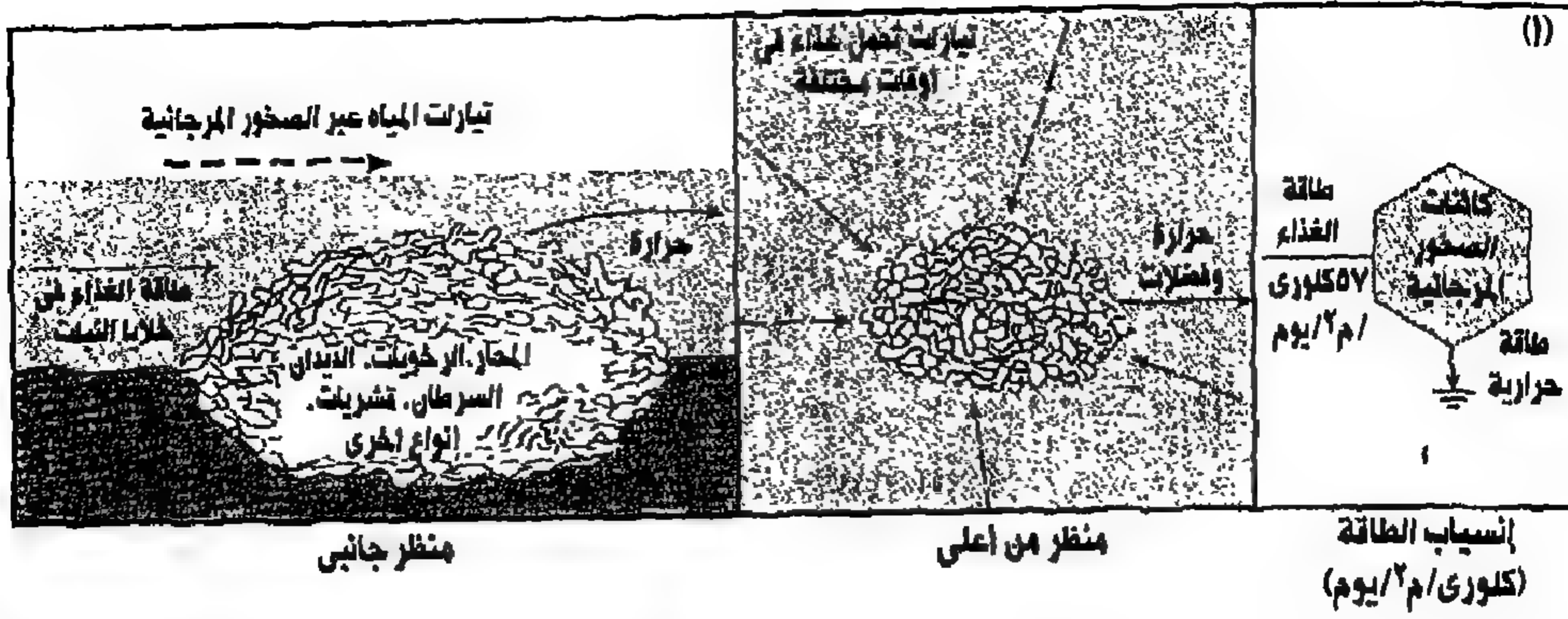
ب- الأنظمة البيئية غير ذاتية التغذية Heterotrophic Ecosystems:

المسطحات البيئية الطبيعية وشبه الطبيعية (Natural and Semi-natural Landscapes) التى تحتوى على تنوع من الأنظمة البيئية (مثل الغابات، المراعى، البحيرات، الجداول . . . إلخ) تتميز بوجود ميل إلى التوازن بين الأنشطة ذاتية التغذية (البناء الضوئى) وغير ذاتية التغذية (تستخدم النبات كغذاء أو مأوى . . . إلخ) ويتخذ هذا التوازن بين الإنتاج والاستهلاك شكلا دوريا.

أحيانا يرتفع معدل الإنتاج على معدل الاستهلاك، وفى هذه الحالة يمكن أن تختزن المادة العضوية مثل اختزان الطاقة فى الفحم والبترول والغاز الطبيعى والعناصر المشعة . . .) أو يتم تصديرها إلى مسطحات أخرى (كما يحدث فى الزراعة أو قطع أشجار الغابات لاستخدامها فى مكان آخر). على عكس المدن (مسطحات الصناعة بشكل عام) والتى تستهلك الكثير من الغذاء والمواد العضوية

بمعدلات أعلى من إنتاجها، ومن ثم، يمكن اعتبار المدن أو المسطحات الصناعية أو المجتمعات الصناعية أنظمة غير ذاتية التغذية. ويتضح من شكل (٢١) الفرق بين نظام طبيعي غير ذاتي التغذية في شعاب مرجانية وبين المدينة، ويلاحظ من الشكل أن كلا النظامين يحصل على الغذاء والطاقة من الخارج، ولكن المدينة تستهلك كمّاً من الطاقة بالنسبة إلى وحدة المساحة (كيلو كالورى / متر مربع / يومياً) يعادل حوالى ٧٠ ضعفاً أكثر مما يستهلكه النظام الطبيعي غير ذاتي التغذية. (الاستهلاك في المدينة الطبيعية ٥٧ كالورى/م^٢/يوم بينما يبلغ ٩٣٨٠ كالورى/م^٢/يوم في المدينة الصناعية كما في شكل -٢٢) ولا يمكن اعتبار ذلك خطأً أو عيباً في المدينة (كون المدينة نظاماً غير ذاتي التغذية) طالما أنها ترتبط بشكل سليم بأنظمة ذاتية التغذية لإمدادها بالغذاء والطاقة المطلوبة، وطالما أن المدينة في نفس الوقت تستطيع إدارة Outputs الطاقة أو المواد بشكل غير ضار بالأنظمة الأخرى، ويذكر (Odum,1997) أن قدرة الأنظمة الطبيعية والمصنعة أو المخلقة (مثل الأنظمة الزراعية) على تلبية طلبات المدينة المتزايدة من المواد والطاقة قد وصل إلى أقصى حد ممكن في بعض المناطق، وقد حان الوقت للتفكير في إعادة تصميم مدن تحد من الضغوط على الأنظمة الأخرى، وهناك عدة إجراءات مثل إعادة تدوير المياه والمخلفات الصلبة واستخدام الطاقة الشمسية (النظيفة) مباشرة لإنتاج الطاقة الكهربائية والحرارية وغيرها من الإجراءات التي يجب أن تتم بصورة أشمل مما هي عليه الآن. والفرصة متاحة أمامنا في دول العالم الأخذ في النمو وأيضاً في الدول المتقدمة حيث إن نمط الاقتصاد العالمى (اقتصاد السوق) والتقدم التكنولوجى الموجود حالياً يمكن أن يساعد على إدارة المخلفات (إعادة تدويرها) بطرق علمية والتقليل من سميتها واستخدام الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح فى توليد الكهرباء والتنمية الزراعية المستدامة وإنتاج الوقود الهيدروجينى، واستخدام أبحاث الهندسة الوراثية فى الحد من الآفات والأمراض... إلى غير ذلك من الإمكانيات التى أتاحها العلم والتى يمكن استخدامها بطرق أفضل وأكثر صحة للبيئة من الطرق المستخدمة اليوم.





شكل (٢١): أنظمة غير ذاتية التغذية. أ. «مدينة طبيعية» مكونة من محار وديدان وسرطانات الشعاب المرجانية وغيرها من الأنواع، وهي نظام غير ذاتي التغذية حيث تنساب المواد والطاقة إلى مجتمع الشعاب المرجانية فيتم استغلالها. - ب. «مدينة صناعية» يعتمد بقائها على انسياب الوقود والغذاء ولكنها في نفس الوقت تعطي مخرجات عالية من النفايات والطاقة (لاحظ الفرق بين كم الطاقة المستهلك في المجتمعين) (Odum, 1971).

إن أي نظام بيئي، بما في ذلك، الأنظمة الطبيعية أو الأنظمة المحتوية على المدن أو المناطق الصناعية أو الأنظمة الزراعية (المجتمعات العمرانية الصناعية - مجتمعات ما قبل الصناعة - مجتمعات المدن الصناعية... إلى آخره)، أي نظام يعتمد على وظيفتين «غير بيولوجيتين» أساسيتان وهما انسياب الطاقة ودورة المواد (الفصل الرابع)، فالطاقة الشمسية تنساب في المجتمعات الحية خلال الشبكات الغذائية وتخرج الطاقة على شكل حرارة أو مادة عضوية، أما المواد فتتحرك في دورات (راجع الفصل الخامس).

قسم (Odum and Baret, 2005) الأنظمة البيئية إلى أربعة أنواع رئيسية:

١- أنظمة بيئية بحرية **Marin Ecosystems**:

وتنقسم إلى عدة أقسام ومنها أنظمة البحار المفتوحة (Open ocean-pelegic)، والبحيرات المالحة.

٢- أنظمة المياه العذبة **Freshwater Ecosystems**:

ويمكن تقسيمها إلى أنظمة أنهار وجدول وأراضى رطبة وأنظمة مياه جارية ومياه راكدة.

٣- أنظمة بيئية برية **Terrestrail Ecosystems**:

ومن أمثلتها أنظمة التندرا والسافانا والمراعى المعتدلة والأنظمة البيئية الصحراوية وغيرها.

٤- أنظمة مروضة (مدجّنة-داجنة أو اصطناعية) **Domesticated Ecosystems**:

وهي تشتمل على الأنظمة البيئية الزراعية والغابات المزروعة والغابات المتزعة، والأنظمة القروية التكنولوجية Rural Technoecosystems (تحتوى على أرصفة نقل ومدن صغيرة وصناعات)، وأخيرا الأنظمة الصناعية التكنولوجية العمرانية (العواصم والمدن الصناعية الكبرى).

ج- فرض جايا **The Gaia Hypothesis**

لقد تمكن العلماء، بفضل التكنولوجيا الحديثة من اكتشاف أن المبيدات الحشرية وبقايا المواد شديدة السمية موجودة فى أجساد الكائنات الحية فى جميع بقاع الكرة الأرضية من البطريق فى قارة أنتراكتا حتى لبن الأم فى الولايات المتحدة.

ولفظ "Gaia" فى اللغة الإغريقية يشير إلى المعبودة الإله «الأرض الأم» "Mother Earth"، وفى عام ١٩٧٩ قدم "Lovelock, 1979" ما يعرف «بفرض جايا» "The Gaia Hypothesis" وينص الفرض على أن الغلاف الحيوى كيان ذاتى التنظيم وله القدرة على الحفاظ على كوكب الأرض فى حالة صحية عن طريق

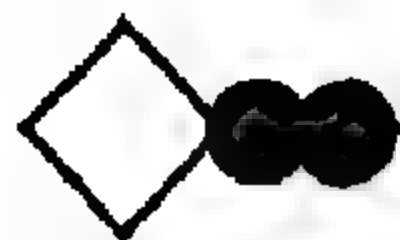


السيطرة على البيئة الفيزيائية والكيميائية»، وفي عبارة أخرى يمكن اعتبار الكرة الأرضية نظاماً بيئياً عملاقاً يتميز بالعديد من الوظائف المتداخلة والمتفاعلة وآليات تغذية استرجاعية تُلطف درجة حرارة الأرض وتحفظ التركيب الكيميائي للغلاف الجوى والبحار فى درجات ثابتة تقريباً - ويلعب مجتمع الكائنات الحية دوراً رئيسياً فى الاتزان البدنى للغلاف الحيوى "Biospheric Homeostasis"، وقد بدأت الكائنات الحية فى السيطرة على اتزان النظام بمجرد ظهورها منذ أكثر من ثلاثة آلاف مليون عام.

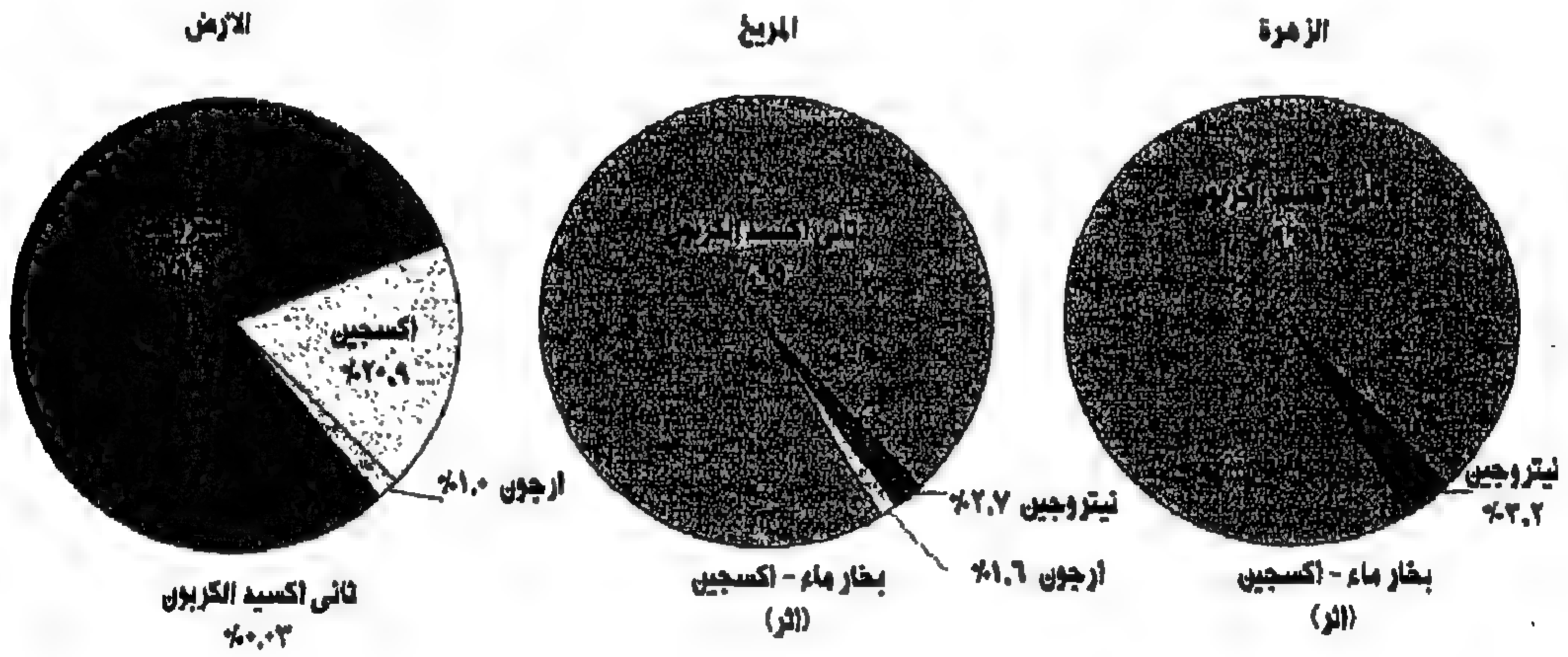
أما الفرض، المقابل لفرض جايا، فيقضى بأن العوامل الجيولوجية (غير الحية) هى التى أنتجت الظروف المناسب للحياة، وأن وظيفة الحياة (الكائنات الحية) تقتصر على التكيف للظروف الفيزيائية وتغييراتها.

والسؤال الذى طرحه أودام (Odum, 1997) هل الظروف الفيزيائية هى التى تتغير أولاً ثم تتبعها تغيرات فى الحياة (الكائنات الحية) أم أن التغيرات الفيزيائية والبيولوجية تتطوران أو تحدثان بشكل متوازٍ؟

يتفق أكثر العلماء على أن الغلاف الجوى تكون من قلب الأرض شديد السخونة خلال البراكين فى ظاهرة تعرف عند الجيولوجيين بظاهرة خروج الغازات Outgassing. وبينما كانت البراكين مستمرة فى التأثير على المناخ، تكون الغلاف الجوى الثانوى، الذى نعيش فيه الآن عن طريق عمليات بيولوجية (الغلاف الجوى كان مختزلاً - غير محتوى على الأكسجين - ومع ظهور الكائنات الحية ذاتية التغذية - النباتات - بدأ يتكون الغلاف الجوى المؤكسد - المحتوى على الأكسجين - نتيجة عملية البناء الضوئى، حتى اتزنت نسب مكونات الغلاف الجوى كما نعرفها اليوم). وبعد ظهور الأكسجين فى الغلاف الجوى بدأت الكائنات الحية هوائية التنفس Aerobes (التي تتنفس الأكسجين) فى الظهور وانحسرت الكائنات اللاهوائية Anaerobes فى مستويات التربة الخالية من الأكسجين Sediments لتواصل حياتها وتلعب دوراً أساسياً فى الأنظمة البيئية. هذا بالإضافة إلى أنه من المحتمل أن تبريد الأرض نتج من خفض تركيز ثانى أكسيد الكربون عن طريق الكائنات البحرية المكونة للحجر البحيرى Limestone Forming Organisms.



وبمقارنة الغلاف الجوى لكوكب الأرض وكوكب الزهرة Venus وكوكب المريخ Mars، وكما يتضح من شكل (٢٢) أن كوكب الأرض يتميز بتركيز شديد الانخفاض من ثانى أكسيد الكربون وتركيز مرتفع من النتروجين والأكسجين على عكس الكوكبين القرييين حيث تصل نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٩٥٪ فى المريخ و ٩٦٪ فى الزهرة. ولما كانت عملية البناء الضوئى، وهى عملية حيوية، هى السبب الرئيسى فى تأكسد الغلاف الجوى للأرض، واحتوائه على نسب بسيطة جداً من ثانى أكسيد الكربون يرجع إلى أنشطة الكائنات البحرية، المكونة للحجر الجيري، فإن هذا يرجح فرض جايّا فى أن الكرة الأرضية نظام بيئى عملاق Superecosystem وأن الغلاف الحيوى لديه القدرة على الحفاظ على كوكب الأرض فى حالة صحية وأنه (الغلاف الحيوى- الكائنات الحية) يؤدى وظيفة أساسية فى تلطيف درجة حرارة الأرض والحفاظ على نسب ثابتة تقريباً للمكونات الكيميائية فى الغلاف الجوى والغلاف المائى.



شكل (٢٢): مقارنة بين المكونات الأساسية فى الغلاف الجوى الحالى فى كوكب الأرض وكوكب المريخ وكوكب الزهرة. والنسب المئوية الموضحة فى الشكل تمثل عدد الجزيئات وليس الأوزان النسبية للمكونات. العناصر غير الممثلة فى الشكل توجد بكميات ضئيلة جداً (عن Margulies and Olendzenski 1992).



د- النظام البيئي التكنولوجي Technoecosystem

لقد أدى وجود المدن والمجتمعات الصناعية الحديثة إلى تأثيرات واضحة على أنظمة دعم الحياة الطبيعية وأدى إلى إيجاد ما يعرف «بالنظام البيئي التكنولوجي». واعتبر (Odum, 1997) أن الأنظمة التكنولوجية «طفيليات» على الأنظمة الطبيعية، وذلك من وجهة نظر بيئية محضة، فالأنظمة البيئية التكنولوجية تشمل على استخدامات تقنيات متطورة وكم هائل من مصادر الطاقة.

وكما لاحظنا في الجزء الأول من هذا الفصل أن إنسان ما قبل الثورة الصناعية كان جزءاً من النظام البيئي ولم يكن معزولاً أو مميزاً عن النظام البيئي الطبيعي. والمجتمعات الزراعية - مجتمعات ما قبل الصناعة -، والتي لا تزال متواجدة في بعض أجزاء العالم، ما زالت متوائمة مع أنظمة البيئة الطبيعية إلى حد بعيد، بل إنها أحياناً تثرى المسطحات الطبيعية، هذا بالإضافة إلى دورها الأساسي في الإمداد بالغذاء.

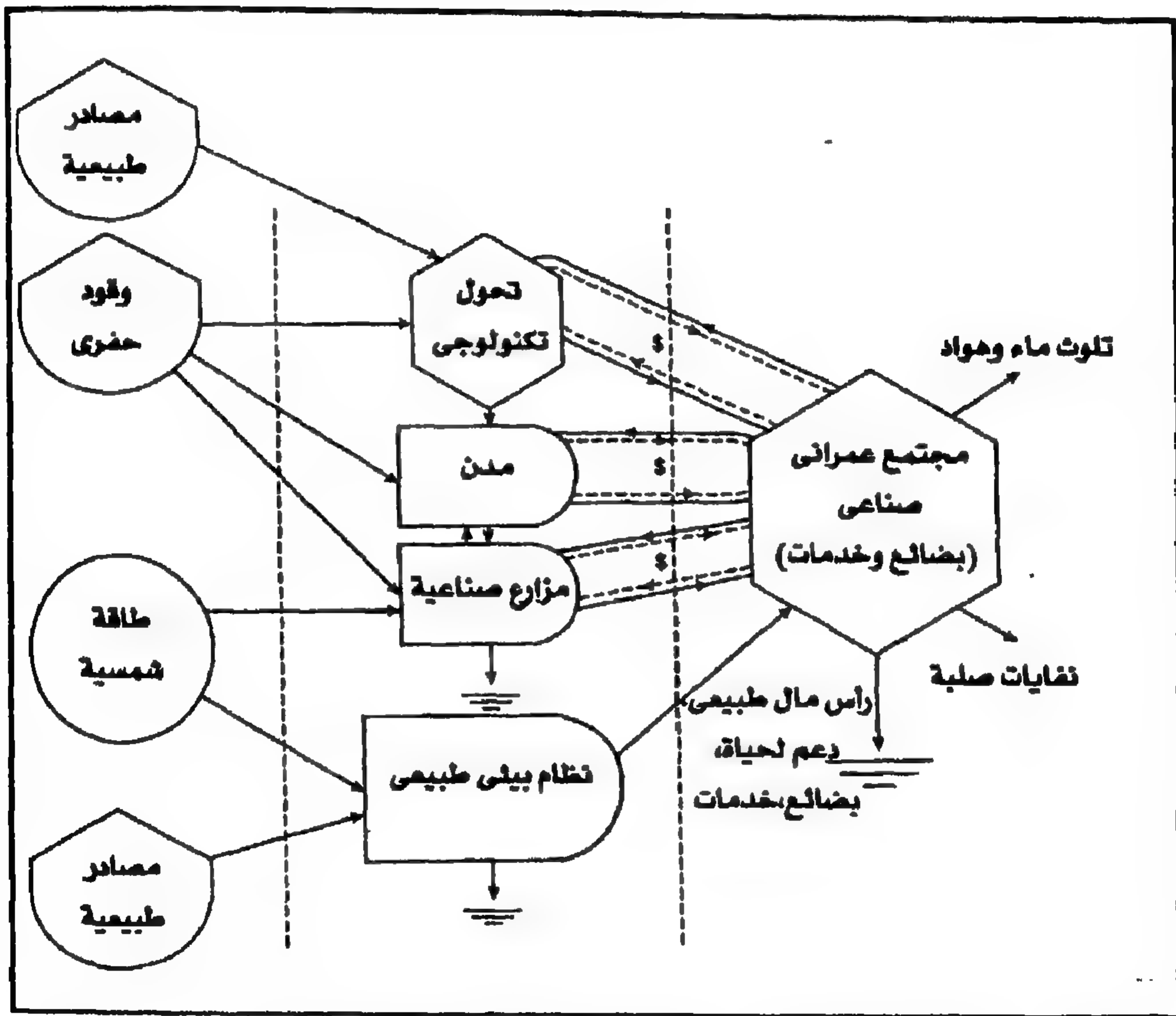
ومع تزايد استخدام الوقود الحفري (البترول - الفحم - الغاز الطبيعي) والوقود النووي كمصادر للطاقة ومع نمو المدن والتحول في تاريخ الاقتصاد البشري تغيرت الصورة تماماً، ومن ثم، أدخل Naveh عام ٢٠٠٠ مصطلح «النظام البيئي البشري» "Total Human Ecosystem" (Naveh, 2000).

ويوضح (شكل ٢٣) (عن Odum and Barrett, 2005) نموذجاً لهذا النظام الجديد حيث يظهر المدخلات من طاقة (الوقود الحفري واليورانيوم والمصادر الطبيعية الأخرى) إلى المدن في النظام البيئي البشري ومخرجات هذا النظام (مجتمعات صناعية عمرانية وبضائع وخدمات) وأخيراً مخرجات من ملوثات الماء والهواء ومخلفات صلبة وطاقة (مع فحص الشكل راجع رموز أودام الفصل الرابع).

إن المدن الحديثة تعتبر مكوناً أساسياً من النظام البيئي التكنولوجي، وهي أيضاً نقاط طاقة ساخنة Hot spots في النظام. وهي تحتاج لكم هائل من الطاقة والمنتجات الزراعية لتلبية احتياجاتها. المدن الحديثة لا تنتج غذاء، ولكنها تضخ



كميات كبيرة من النفايات التي تؤثر على المسطحات القروية والمسطحات الطبيعية وكتل أو متجمعات المياه. إن المدن تضخ الأموال لشراء بعض المصادر الطبيعية، ولكن المدينة تحتوى أيضا على العديد من الأشياء غير المتاحة للمجتمع القروى مثل دور الأوبرا والمتاحف الضخمة وغيرها (راجع أيضا شكل ٢١ للمقارنة بين المدينة والنظام البيئى الطبيعى) وإذا استمر الوضع كما هو عليه وظلت المدينة "كالطفيل" فسوف يؤدي هذا حتما إلى تدهور شديد، فالطفيل الذى يستهلك عائلته حتى آخر قطرة سوف يقضى على عائلته وسوف يهلك هو أيضا فى النهاية (العبارة عن Odum of Barette, 2005 بتصرف).



شكل (٢٣): نموذج لبيان العلاقة بين النظام البيئى التكنولوجى والنظام البيئى الطبيعى متضمنا حركة الأموال ، ويوضح الشكل أن النظام التكنولوجى يحتاج إلى البضائع والمواد الأولية من الأنظمة الطبيعية حتى تستمر بيئة الإنسان (عن Odum and Barrett, 2005).

هـ- النظام البيئي الصناعي العمراني التكنولوجي:

Urban Industrial Technoecosystem

يمكن اعتبار المدن والمناطق السكنية ومناطق النمو الصناعي أنظمة بيئية تكنولوجية. إنها بالفعل مناطق صغيرة بالنسبة لمساحة الكرة الأرضية، ولكنها جزء لا يتجزأ وإنتاج الطاقة في مسطحات الأنظمة الطبيعية والزراعية. ومن وجهة نظر «مصادر دعم الحياة»، وكما ذكرنا سابقاً، يمكن اعتبار المناطق الصناعية «طفيليات» على المحيط الحيوي أو في عبارة أخرى - تلك المدن طفيليات على مصادر دعم الحياة.

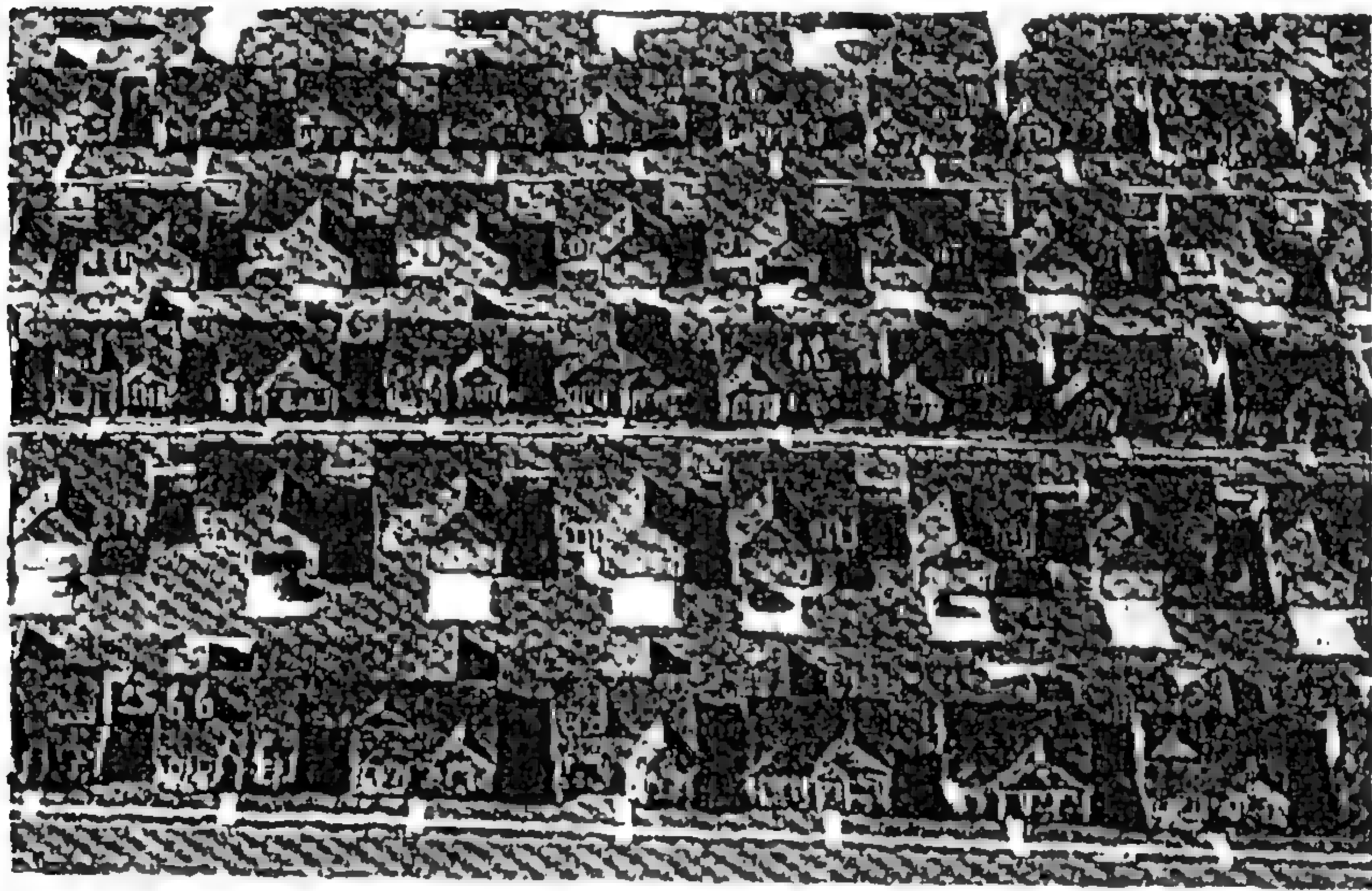
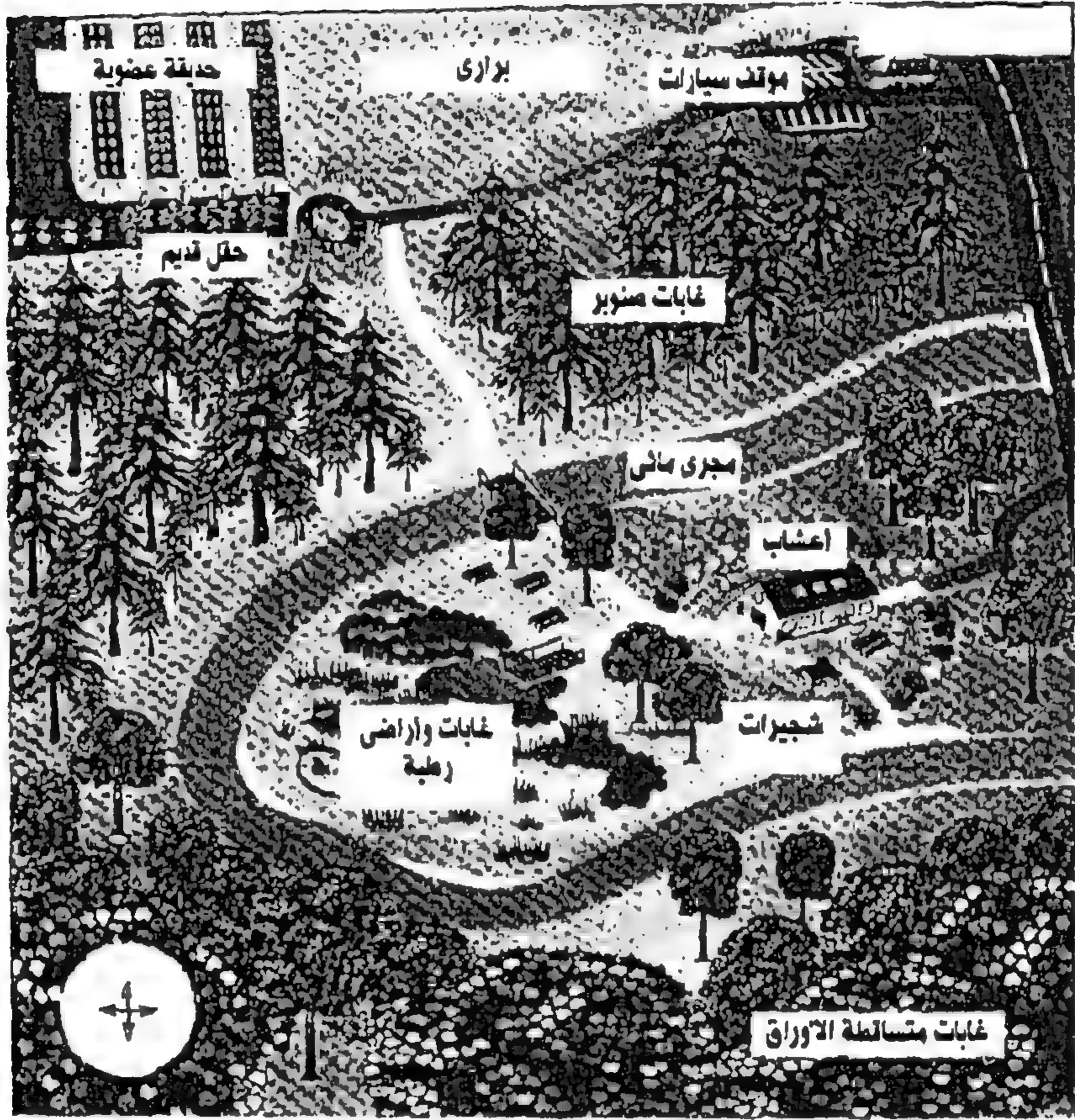
من سوء الحظ أن العديد من المدن اليوم غير منظمة وعشوائية ويهاجر إليها الناس للبحث عن حياة اقتصادية وخدمات أفضل. ويتسع نمو المدن بمعدلات عالية في الدول النامية، فنجد أن تعداد السكان وصل إلى ٢٥ مليون فرد في مدينة ساوباولو ومثل التعداد في مدينة ميكسيكو سيتي عام ٢٠٠٠ (Odum and Barrett, 2005). أما القاهرة، فبلغ عدد سكانها نحو ١١ مليون عام ١٩٩٦ (جهاز شئون البيئة - ١٩٩٧)، منهم نحو ٣,٧ مليون يعيشون في تجمعات عشوائية وأحياء مهملة. ومن المدن الصناعية شديدة الازدحام طوكيو ونيويورك. ويرى بعض العلماء أنه بحلول عام ٢٠١٠ سوف يعيش ما بين ٥٠٪ إلى ٨٠٪ من سكان العالم في المدن (طبقاً إلى تقرير الأمم المتحدة عن نمو المدن العملاقة والمستقبل - الصادر على ١٩٩٤). إن النمو السريع وغير المخطط للمدن سوف يؤدي إلى المزيد من تدهور الوضع البيئي، ومن ثم فيجب إشراك المواطنين في التخطيط للمدن المستقبل. إن النظرة الغالبة إلى المدن تنظر إليها فقط من وجهة نظر البنية التحتية ومعدلات البطالة والجريمة والفقر والشكل المعماري للمدن... وما إلى ذلك، ولكن مدن المستقبل يجب أن تنشأ على أسس متضمنة، بل ومحتضنة لما يقره ويفرضه علم بيئة المسطحات، وليست مجرد إنشاءات وبنية تحتية فقط (شكل ٢٥).



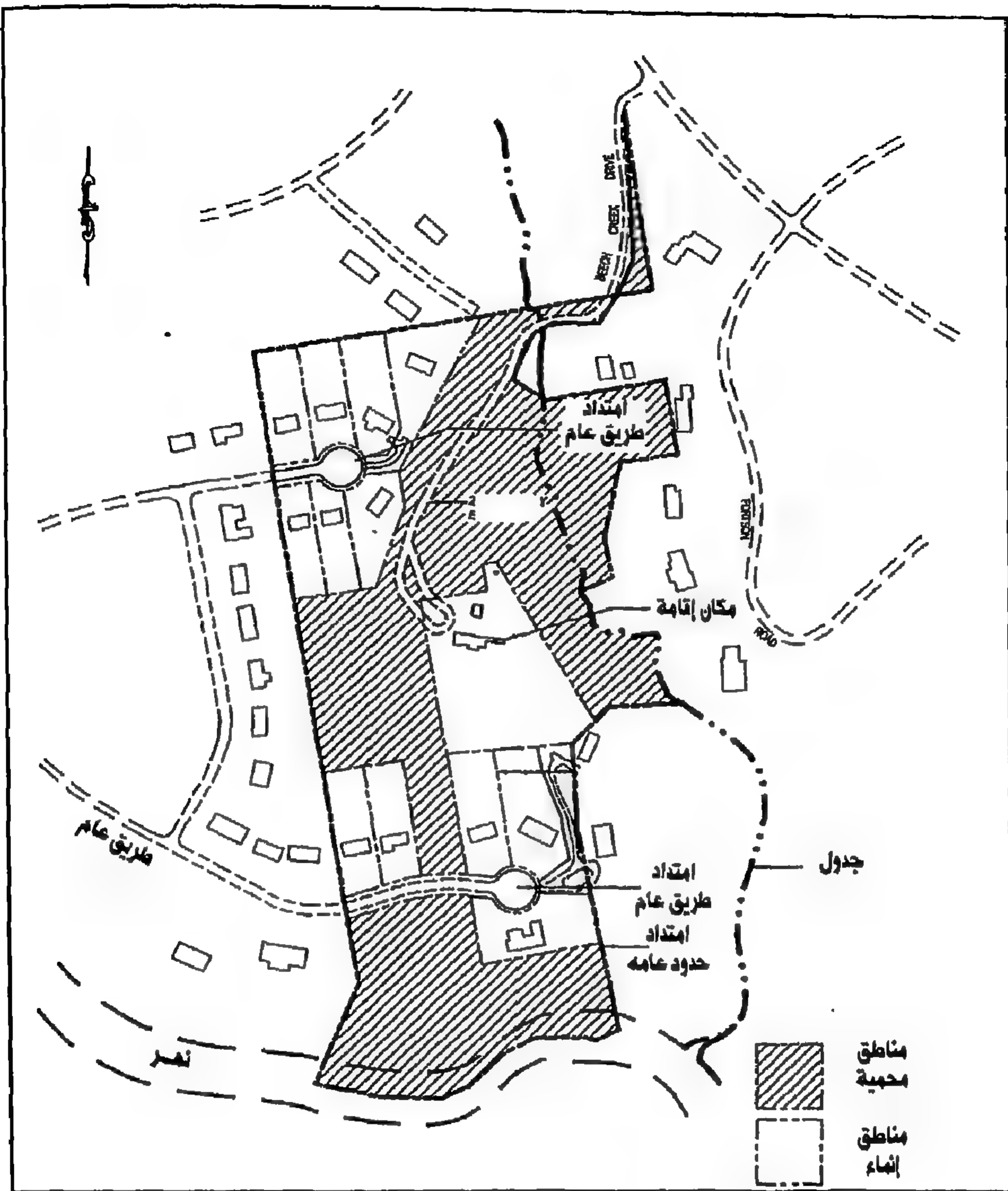
وأوضح شكل (٢٤-أ) بيئة طبيعية فى جزيرة يحيطها مجرى مائى (Stream) محاطة بأنواع مختلفة من البيئات ومن ثم فهى أماكن ترفيه، واستجمام وثقافة. والشكل (٢٤-ب) عبارة عن صورة فوتوغرافية لمنطقة نمو عمرانى (منطقة متطورة) فى منطقة أتلانتا - جورجيا - الولايات المتحدة.

الشكل (٢٥)، وهو نموذج، يوضح أن أكثر من ٥٠٪ من المسطح يعتبر مناطق سكون وحفظ أنواع "Permanent Conservation Easement" وهو يعطى بيئة للحياة البرية، ويوضح هذا النموذج كيفية تكامل الجوانب الاقتصادية مع رأس المال الطبيعى (الثروة الطبيعية) فى منطقة عمرانية. إن التوسع العمرانى وتجديد المدن سوف يعتمد فى المستقبل أكثر وأكثر على إعادة ربط المدينة بمناطق وبيئات الحياة الطبيعية حيث إن الطفيل (ويقصد هنا المدينة) يمكن أن يستمر وينمو و ينتعش طالما أن عائلته (البيئة الطبيعية) مستمر فى حالة جيدة (Odum and Barett, 2005).





شكل (٢٤): أ- منطقة سكنية فى جزيرة لمجرى مائى والشكل يوضح تنوع النظام البيئى من حيث المسطحات والبيئات الطبيعية. ب- صورة فوتوغرافية لمدينة سكنية



شكل (٢٥): تخطيط لمدينة ويلاحظ من الشكل أن أكثر من ٥٠٪ من المساحة مناطق محمية،
والجزء المتبقى تجمعات سكنية تصلح لتشييد المنازل.



- مراجع مختارة

Barrett, G.W., and J.D. Peles, Eds, 1999. Landscape ecology os small mammals. New York Sptinger Verlag.

Barret, G.W., and R. Rosenberg, Eds. 1981. Stress effects on natural ecosystems. New York: John Wiley.

Barret, G.W., and L.E. Skelton, 2002. Agrolandscape ecology in the twenty-first century. In Landscape ecology in agroecosystems management, L. Ryszkowski, Ed. Boca Raton, Fla.: CRC Press, pp.331-339.

Barrett, G.W.,T.L. Barrett, and J.D. Peles. 1999. Managing agroecosystems as agrolandscapes: Reconnecting agricultural and urban landscapes. In Biodiversity in agroecosytems, W.W. Collins and C.O.Qualset, Eds. Boca Raton, Fla.: CRC Press, pp. 197-213 .

Barrett, G.W., J.D. Peles, and S.J. Harper. 1995. Reflections on the use of experimental land-scapes in mammalian ecology. In landscape approaches in mammalian ecology and conservation, W.Z. Lidicker, Jr., Ed. Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 157-174.

Calow, P.(ed.) 1999. Blackwell's concise encyclopedia of Ecology Oxford Blackwell.

Clapham, Jr. W.B. 1981. Human ecosystems Macmillan, USA.



- Hasen, A.J. and F. di Castri 1992.** Landscape boundaries: Consequences for biological diversity and ecological flow. Springer verlag, New York, USA.
- Harper, S.J., E.K. Bollinger and G.W. Barett 1993.** Effects of habitat patch shape on meadow Vole, *Microtus Pennsylvanicus* Population dynamics *Journal of mamalogy* 74: 1045-1055.
- Harris, L. D. 1984.** The fragmented forest Island biogeography theory and preservation of biotic diversity. Chicago Univ. Press.
- Forman, R.T.T. 1997.** Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridg, U.K.: Cambridge University Press.
- Klopatek, J.M. and R.H. Gardner (eds.) 1999.** Landscape ecological analysis: Issues and Applications. Springer Verlag, New York, USA.
- Lovelock, J.E. 1979.** Gaia. A new Look at life on earth Oxford Unive Press.
- Margulis, L. and L.O. Olendzenki (eds.). 1992.** Environmental Evolution: Effects of the origin and evolution of life on planet earth. M.I.T. Press, Cambridge, M.A.
- Marten, G.G. 2001.** Human Ecology: Basic concepts for sustainable development. Earthcan publications, USA; UK.
- Nsveh, Z. 1982.** Landscape ecology as an amerging branch of human ecosystem science. In Ad-vances in ecological research.



Volume 12. New York: Academic Press, pp. 189-209.

Naveh, Z. 2000. The total human ecosystem: Integrating ecology and economics. *BioScience* 50:357:361.

Naveh, Z., and A. S. Lieberman. 1984. Landscape ecology: Theory and application. New York: Springer Verlag.

Odum, E.P. 1997. Ecology: A bridge between science and society. Sunderland, Mass.: Sinauer.

Odum, E.P. 1998a. Ecological vignettes: Ecological approaches to dealing with human predicaments. Amsterdam: Harwood.

Odum, E.P. 1998b. Productivity and biodiversity: A two-way relationship. *Bulletin of the Ecological Society of America* 79:125.

Odum, E.P. 1998c. Source reduction, input management, and dual capitalism. In *Ecological vignettes: Ecological approaches to dealing with human predicaments*, E.P. Odum. Amsterdam: Harwood, pp. 235-236.

Odum, E.P. 2001. The technoecosystem. *Bulletin of the Ecological Society of America* 82: 137-138.

Odum, E.P., and G.W. Barrett. 2000. Pest management: An overview. In *Progressional societies and ecologically based pest management*. National Reserch Council Report. Washington, D.C.: National Academy Press, pp. 1-5.

Odum, E.P., and G.W. Barret. 2004. Redesigning industrial agroecosystems: Incorporating more ecological processes and re-



ducing pollution. Journal of Crop Improvements .

Odum, E.P., and G.W. Barrett, 2005. Fundamentals of Ecology
(5th ed.) Brooks/Cole, USA.

Odum, H.T. 1971. Environment, Power and Society Wiley inter
Science, New York.



فهرس مصطلحات

Index

(i)

٣٢	أفبال
٣٤٤، ٣٣٣، ٢٨٢	اكسجين
٩٨	إنتاج
١٠٨، ٩٧	—— ابتدائى
١٠٩	—— ثانوى
٣٥، ٣٢	انقراض
٣٥	—— الثدييات
٣٢	—— الأنبال
	أنظمة بيئية (راجع أيضا نظام بيئى، خصائص)
٣٥٠-٣٠٠	—— بشرية
٦٦	—— تعقيد الـ
٦٥، ٣٥، ١٢، ١١	—— علم الـ
٢٢٤، ٢٢١، ٢١٣، ٢١٠، ٢٠٩، ٢٠٨	انتروپى
٧٨	انفيرون
١٠٥-١٠٣	أهرام بيئية
٢١٦، ١٢٠، ٨٠-٧٨، ٥٥، ٢٦	آهلات
٢٥١-٢٤٧	—— بشرية
١٦٧، ١٦٤	أوزون

(ب)

٢٨٦	بحر
٢٨٦	بحيرة
٢٨٤	بقع سوداء
٩٦	بناء ضوئي
١١٣	فاعلية الـ _____
٩٦	بناء كيميائي
٢٥	بيئة (راجع أيضاً فرض عدم التأثير، علم البيئة)
٣٢	تجارب الـ _____
٣٦	تدمير الـ _____
٢٥	علم الـ _____
٣٠١	_____ الإنسان

(ت)

١٢	تتابع بيئي
٥٢	تحت نظام (راجع أيضاً تسلسل)
٣٢	تجارب
٣٢-٣٤	أنواع الـ _____ في علم البيئة
٤٥	تركيب
٥٠-٤٨، ١٢	تسلسل في النظام (راجع أيضاً طبقية)
٤٧	الحدود والـ _____
٥٠	المعلومات ونظرية الـ _____
٥٤، ٥٣	_____ فراغي (راجع أيضاً زمن - زمني)



٥٢	نظرية الـ
٥١-٤٨	مرمى (راجع أيضا طبقه)
٣١٢-٣٠٦	تغذية استرجاعية
٢٢١,٧٠	تطور
٢٨٦-٢٧٩,٢٥٥-٢٥٢	تلوث
٢٨٤	ميكروبي
١٨٤,٨٢-٧٨	تنافس
١٩٩,٢٩,١٤	تنمية مستدامة

(ث)

١٠٩.	ثانوى (راجع أيضا إنتاج)
٣٤٤,١٦١	ثانى اكسيد الكربون (راجع أيضا دورة الكربون)
٥٠,٣٥	ثدييات
٢٧١	ثروة إحيائية

(ج)

٢٨٣,٢٥٤	جزينات
٢٨٦	جفاف
٢٢٠,٢١٧	جين
٢٢٥	جينوم

(ح)

٤٧,٤٦,١٣	حدود
٢٧٣,٢١٥,١٢٢-١١٩,١١٤	حشرات
١٣٠	حفظ المادة (راجع أيضا طاقة، ديناميكا حرارية)



(خ)

٦٨-٦٦

خصائص الأنظمة البيئية

٢٥٠

خصوبة

٥٣،٤٩

خلية

(د)

٣٠٩،١٦٥-١٦١،٥٠

درجة حرارة

٣٣٣

دعم الحياة

١٦١-١٤٩،٦٧

دورات المواد

١٥٤

دورة الفوسفور

٢٨٠،١٥٩-١٥٥

دورة الماء (راجع أيضاً ماء،نهر)

١٦٠

دورة الكربون

١٥٣-١٤٩

دورة النيتروجين

٢١٣،١٢٩،١٤

ديناميكا حرارية

٥٤

ديناميكية المياه

١٢٤

ديناميكية إنسياب الطاقة

(ذ)

١١٧،١١٦،٩٧،٩٦

ذاتية التغذية

(ر)

٢٧٣

رخويات

٢١١،٧٣،٧٠

ربيه (شك)



(ز)

٥٦-٥٤	زمن (زمانى)
٥٤	تسلسل —
٥٦,٥٥	الجيل —
٥٧,٥٦	زيادة طبيعية

(س)

٢٨٨-٢٨٦	سد (السد العالى)
٩٥	سريان الطاقة (راجع أيضاً طاقة)
٧٨	سعى
٣١١,٢٥٣-٢٤٧	سكان
١٠١-٩٩	سلاسل غذائية
٨٢,٨١	سيناريو

(ش)

١٨٧,١٠١	شباك غذائية
٧٠	شك (ريبه)
٣٨,١١	— فى نظرية النظام البيئى
٧٣	مبدأ الـ — فى نظرية النظام البيئى

(ص)

١٣٢	صافى الإنتاج (راجع أيضاً إنتاج، ثانوى)
٢١٩	صبغى
٧١	صحة النماذج البيئية (راجع أيضاً شك، نماذج)
٢٥٦,٢٥٢	صحة النظام البيئى



صقور ٩٩
صناعة ٣٢٣-٣١٩، ٢٧٩، ١٥٦

١٦١ صوبة نباتية (راجع أيضاً درجة حرارة، مناخ)
(فص)

٢١١ ضوضاء

(ط)

١٤١-٩٤، ١٢ طاقة (راجع أيضاً ديناميكا حرارية، انتروبي)

٤٨ — النظام البيئي

١٠٦، ٩٥ — اتسياب الـ

١٠٦، ١٠٥ — أهرام الـ

١٣٨ — رموز الـ

٣٨، ٣٠، ٢٩ طرق علمية

٢١٧ طفرات

٣٤٥، ٩٩ طفيليات

١٥٣، ١٠٣، ٥٠ طيور

(ع)

٨٢-٧٨ عائل

٢٥ علم البيئة

٥٢ — التسلسل الهرمي في

٢٩ — تعريف

٢٩-٢٦ — والمجتمع

٣٥ علم الأنظمة البيئية

٣٥ — نشأة



٤٥	علم الحياة
٣١٥،٩٩،٩٧	عواشب
(غ)	
١٢٠	غذاء
٩٨	غير عضوية
٣٤٣،١٦٤،١٦١،١٢٥،٩٨،٣٥	غلاف جوى (راجع أيضاً درجة حراره)
(ف)	
٣٠	فرض
٣٤٢	جايَا —
٣١	عدم التأثير —
١١٢-١١٠	فقد فى الطاقة (راجع أيضاً ديناميكا، طاقة، انثروبى)
١٥٤	فوسفور
(ق)	
٢٧٢	قشريات
٣١٥،٩٩	قوارات (راجع أيضاً سلاسل، شباك، كانسات)
٩٩	قواقع
(ك)	
٩٧	كانسات (راجع أيضاً سلاسل، شباك قوارت)
٥٤،٢٦	كتلة حيوية
١٨٧،١٦٠	كربون (راجع أيضاً دوره)
١٦٨	كلوروفلورو كربونات
٤٧،٤٦	كيانات علم البيئية



(ل)

- لواحم (آكلات لحوم) (راجع أيضاً شباك، سلاسل) ٩٩
لافقاريات ١١٨
الحفاظ على الـ ١٢٣

(م)

- ماء (راجع أيضاً نهر ، دوره) ٢٧٧
تجمعات الـ ١٥٥
دورة الـ ١٥٥
صور الـ ١٥٦
مصادر الـ ١٥٨
مجتمعات ٣٢٢-٣١٣
القنص ٣١٤
زراعية ٣١٦
صناعية ٣٢٢
عمرانية ٣٣٠
محلات (راجع أيضاً كائنات، شباك، سلسل) ٩٧
محيط حيوى ٥٣، ٢٦
مدينة (مدن) (راجع أيضاً مجتمع، مجتمعات) ٣٥٠، ٣٤١، ٣٢٢-٣١٧، ٣٠٢
مسطحات ٣٣٠
مصادر ٣٠٥، ٣٠٤
معلومات ٢٠٧
مفهوم الـ ٢٠٨

٢٣٢-٢٠٧	معلوماتية
١٢٥،٧٨	مفترس (راجع أيضاً تنافس)
٥١	مقاومة بيئية
٤٥	مكونات النظام البيئي
٩٧	منتجات (راجع أيضاً شباك، سلاسل، سريان الطاقة)
٤٥	منشآت (راجع أيضاً مدن، مجتمع، مجتمعات)
٣٠١	موضع بيئي
١٦٦	ميثان

(ن)

٣٠٣	نظام اجتماعي
١١	نظام بيئي
٣٦	استمرارية الـ
٥١-٤٨	التسلسل الهرمي في الـ
٤٥	تركيب الـ
٣٣٣،١٥	تكنولوجيا
	زراعي
٣٣٠	طبيعي
٣٣٠،١٥	مخلق
١٩٩-١٨١	وظائف الـ
٣٠	نظرية
٥٢	التسلسل الهرمي
٢٠٨	المعلومات



٢٤٧،٨٢-٧٩،٧٠-٦٨

٢٩٠-٢٦٤،٣٦

١٤٩

١٥٢

١٥٠

٥١

٢٠٠-١٨١

٣٤٥،٣١٩،١٦١

٢٢٦

١٣٦

نماذج (نموذج)

نهر النيل

نيتروجين (راجع أيضاً دورة، غلاف)

تحرير الـ

تثبيت الـ

(هـ)

هولون

(و)

وظائف (راجع أيضاً نظام بيئي)

وقود

وراثه

(ى)

يابسه



صدر من سلسلة المراجع الأساسية :

- (١) البصريات. أ.د. أحمد فوزاد باشا
- (٢) مبادئ الكيمياء العملية التحليلية والعضوية. أ.د. أحمد مدحت إسلام. أ.د. السيد على حسن وغير العضوية.
- (٣) أسس الكيمياء العضوية الأروماتية. أ.د. أحمد مدحت إسلام.
- (٤) أسس الكيمياء العضوية الأليفاتية. أ.د. أحمد مدحت إسلام.
- (٥) فيزياء الجوامد. أ.د. محمد أمين سليمان. أ.د. أحمد فوزاد باشا
- (٦) أسس الكيمياء الفيزيائية. أ.د. شريف أحمد خيرى. أ.د. أحمد مدحت إسلام. أ.د. مصطفى عمارة.
- (٧) أسس الكيمياء العامة وغير العضوية. أ.د. أحمد مدحت إسلام. أ.د. مصطفى عمارة
- (٨) علم الفلك العام. أ.د. مرفت السيد عوض. أ.د. مصطفى كمال محمود.
- (٩) أسس علم الميكانيكا. أ.د. عبد الشافي فهمى عبادة. أ.د. على محمد أبو ستة. أ.د. أحمد بدر الدين خليل. أ.د. عبدالرحمن السمان.
- (١٠) العلوم الجوية وتطبيقاتها «التنمية باستخدام الأرصاد الجوية». أ.د. محمد الشهاوى.
- (١١) علم البيئة العام والتنوع البيولوجى. أ.د. على على المرسى. أ.د. محمد محمد الشاذلى.
- (١٢) أساسيات علم النبات العام: الشكل الظاهري والتركيب التشريحي - تقسيم المملكة النباتية وظائف أعضاء النبات. أ.د. الإمام عبده قبية. أ.د. محمود جبر. أ.د. إسماعيل كامل. أ.د. عفت فهمى شبانة.

- (١٣) أسس علم الرياضيات [التفاضل والتكامل]. أ. د. حسن مصطفى العويضى .
- أ. د. عبد الشافى فهمى عبادة .
- أ. د. محمد طلعت عبد الناصر .
- أ. د. أحمد السعيد الناغى .
- (١٤) الفيزياء النووية.
- (١٥) الفيزياء الحيوية.
- أ. د. أحمد فؤاد باشا
- أ. د. فوزى حامد عبد القادر
- أ. د. السيد عوض جعفر
- أ. د. شريف أحمد خيرى
- (١٦) أشباه الموصلات.
- أ. د. حسن حسين حسن
- أ. د. عبد الحكيم طه قنديل
- (١٧) مبادئ الكيمياء النووية.
- (١٨) النسبية وقوى الطبيعة.
- أ. د. محمد نبيل ياسين البكرى
- أ. د. خالد على كماخى
- أ. د. عبد الحكيم طه قنديل
- (١٩) كيمياء عناصر الوقود النووى.
- (٢٠) تقنيات القرن ٢١ لتحسين النباتات باستخدام
- زراعة الأنسجة.
- أ. د. سمير عبد الرازق الشوبكى
- أ. د. محمد إسماعيل
- (٢١) أساسيات علم الحيوان.
- أ. د. منى شرقاوى على
- أ. د. تغريد عبد الرحمن حسن
- أ. د. حلمى بشاى
- أ. د. يحيى السيد العاصى
- أ. د. أحمد فؤاد باشا
- (٢٢) أساسيات العلوم الفيزيائية.
- أ. د. فوزى حامد عبد القادر
- أ. د. شريف أحمد خيرى
- أ. د. محمد نبيل يس البكرى
- أ. د. على على المرسى .
- (٢٣) أساسيات علم الحشرات.
- أ. د. محمد الشاذلى
- أ. د. أحمد مدحت إسلام
- أ. د. مصطفى عمارة
- (٢٤) أسس الكيمياء التحليلية غير الآلية والآلية.
- أ. د. عبد الشافى فهمى عبادة
- (٢٥) الهندسة التحليلية المستوية والفراغية.
- أ. د. حسن العويضى مصطفى

(٢٦) ميكانيكا الكم.

أ.د. محمد نبيل يس البكرى

أ.د. صلاح الدين نبيل يس البكرى

(٢٧) علم البلورات والأشعة السينية.

أ.د. نعيمة عبد القادر أحمد

أ.د. محمد أمين سليمان

(٢٨) كيمياء البيئة: تطبيقات أسس فروع الكيمياء أ.د. أحمد مدحت إسلام.

أ.د. مصطفى عمارة

على ملوثات الهواء والماء والتربة.

أ.د. حافظ شمس الدين عبد الوهاب

(٢٩) الجيولوجيا الفيزيائية والتاريخية.

أ.د. محمد نبيل يس البكرى وآخرون

(٣٠) الفيزياء العملية وتجارب المحاكاة.

(٣١) أسس الجبر والجبر الخطى بين النظرية والتطبيق أ.د. محمد عبد العظيم سعود

مع أمثلة محلولة

أ.د. محمد محمد الشاذلى

(٣٢) مقدمة فى علم الأنظمة البيئية.

مراجعة وتقديم/ أ.د. محمد عبد

الفتاح القصاص

٢٠٠٧ / ١٤٧٠٩	رقم الإبداع
977 - 10 -2303 -9	I. S. B. N الترقيم الدولي

لقد أضحي أمر تعريب العلم والتعليم ضرورة من ضرورات النهضة العلمية والتقنية التي تنشدها أمتنا العربية والإسلامية لكي تستأنف مسيرتها الحضارية بلغة القرآن الكريم الذي حفظها قوية حية في النفوس على الرغم من الوهن الذي أصاب أهلها.

وإدار الفكر العربي - من جانبها - قد استشعرت خطورة تأخير هذا المشروع الحضاري الكبير، فسعت جاهدة إلى تحقيق الهدف النبيل، وشرعت في إعداد «سلسلة مراجع العلوم الأساسية» في مجالات الكيمياء والفيزياء والرياضيات والفلك والعلوم الجوية والجيولوجيا وعلوم الحياة، بحيث تخاطب قارئ العلوم بصورة عامة، وطلاب المرحلتين الثانوية والجامعية على وجه الخصوص.

وقد عهدت وإدار الفكر العربي بالمسئولية العلمية إلى هيئة استشارية تتولى التخطيط لإصدار هذه السلسلة، واستكتاب أهل الخبرة والاختصاص من علماء الأمة ومفكريها، ومناقشة الأعمال المقدمة قبل صدورها.

هذه السلسلة

لقد ظهرت في العشرين عاماً الأخيرة العديد من النظريات التي تحاول تفسير الاتزان والاستمرار التلقائي وغيرها من خصائص الأنظمة البيئية، فالنظام البيئي شديد التعقيد إذ يتكون من عدد هائل من المكونات يتراوح بين 10¹⁰ إلى 10¹⁵ وقد ظهر هذا الكتاب لتقليل الفجوة بين المراجع العربية في علوم البيئة وما وصل إليه العلم حتى بدايات القرن الحادي والعشرين من حقائق عن الأنظمة البيئية، من خلال تسعة فصول تناقش بعض مبادئ العديد من النظريات الحديثة في النظام البيئي بما في ذلك المعالجة الديناميكية الحرارية والمعلوماتية للنظام البيئي ومبدأ الشك في نظريات ونماذج النظام البيئي ومعلوماتية ووظائف النظام بالإضافة إلى مناقشة مفهوم صحة النظام البيئي، كما يناقش الكتاب نظرة بعض العلماء للمدن والتوسع العمراني على أنها أنظمة بيئية تتداخل مع الأنظمة البيئية الطبيعية وتتفاعل معها.....

الناشر

هذا الكتاب

Bibliotheca Alexandrina



0655363

I.S.B.N. 977-10-2303-9

تطلب جميع منشوراتنا من وكيلنا الوحيد بالكويت والجزائر

دار الكتاب الحديث